

METODOLOGIA DE FISCALIZAÇÃO DE OBRAS

**Controlo de Conformidade em Instalação de Pré-
Esforço de Torres de Aerogeradores**

NUNO FILIPE ALMEIDA OLIVEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Rodrigues Calejo

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha Família

*A liberdade é um dos dons mais preciosos que o céu deu aos homens. Nada a iguala, nem os tesouros que a terra encerra no seu seio, nem os que o mar guarda nos seus abismos.
Pela liberdade, tanto quanto pela honra, pode e deve aventurar-se a nossa vida*

Miguel de Cervantes Saavedra

AGRADECIMENTOS

As minhas primeiras palavras de agradecimento têm de ir, forçosamente, para a minha mulher e filho pelo sacrifício, pelo apoio, compreensão e carinho.

Aos meus pais, por me incentivarem à realização profissional, entre outros valores que conduzem a minha vida.

Ao Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues, orientador da dissertação, um sincero agradecimento por acreditar e confiar, pelas generosidade na transmissão dos seus ensinamentos, pela disponibilidade e acima de tudo pelo incentivo incansável.

Aos meus colegas e amigos pelo apoio e confiança que em mim depositaram, fazendo-me acreditar que era possível chegar ao fim com sucesso.

Nada teria sido possível sem a ajuda e a generosidade constante de muitos, a quem quero deixar aqui expresso o meu imenso agradecimento.

A todos, os meus sinceros agradecimento.

RESUMO

A indústria da construção civil, encontra-se em permanente transformação, adaptando-se às volatilidades associadas à actividade, quer sejam de origem económica, política ou social.

Qualquer que seja a mudança, esta terá necessariamente de assentar na garantia da qualidade, ao abrigo de uma visão moderna de gestão de projectos e nos processos de certificação.

Os procedimentos de controlo de conformidade das operações são essenciais ao longo das várias etapas do processo construtivo, correspondem ao instrumento essencial para o sucesso do sector. Procurando assegurar ao cliente, a materialização entre o preconizado em projecto e o efectivamente executado em obra, garantindo-se a qualidade do produto final, onde todos os interessados saem a ganhar.

As entidades de gestão técnica de empreendimentos, responsáveis pela aplicação dos processos de conformidade, necessitam de ferramentas compatíveis com a melhor política de qualidade a implementar para a persecução desse objectivo.

Este trabalho pretende desenvolver, um sistema de controlo de conformidade, adaptado a operações de pré-esforço, nomeadamente torres de betão de aerogeradores.

Para a materialização deste sistema, tornou-se necessário a concepção de uma base de controlo de conformidade conseguida através da identificação das operações nucleares e fulcrais para a execução das operações com sucesso qualidade bem como a inventariação dos riscos e falhas potenciais que concorrem contra esse objectivo. Esta base de controlo estruturada em fluxogramas e suportada por regulamentos e normas, deu origem ao desenvolvimento de fichas de controlo de conformidade que sintetizam e organizam as verificações essenciais a atender em cada processo na operação de pré-esforço, nomeadamente ao nível de mão-de-obra, equipamento, materiais e tecnologia.

Esta concepção académica de um plano de controlo de conformidade ajustado a sistemas de pré-esforço, foi conciliado com uma vertente prática, tendo as fichas sido analisadas e experimentadas em operações reais em obra, de que resultam diversas medidas concretas que se incluem nesta dissertação.

PALAVRAS-CHAVE: Fiscalização, Qualidade, Inspeção, Pré-esforço, Pós-tensionamento, Sistema de Controlo de Conformidade, Fichas de Controlo de Conformidade.

ABSTRACT

The construction industry, is in constant transformation whether due to economic, political or social, adapting itself to the associated volatility. Whatever the change is, will necessarily lie in the quality assurance, under a modern approach to project management and certification procedures.

The compliance monitoring procedures for construction tasks are essential throughout the various stages of the construction process; correspond to the essential tool for success in the industry. Seeking to ensure the customer, the precise implementation of what was conceived on design, reflected in the final product quality, were all stakeholders stand to gain.

For the pursuit of that gold, the construction conformity control companies need to implement the compatible tools.

This work aims to develop a system for building monitoring and control operations, adapted to wind turbines concrete towers prestressing construction tasks.

To materialize this system, became necessary to design a conformity control basis, achieved through the identification of nuclear tasks necessary to the success of the whole operation, a list of failures that compete against this objective were also made.

This structured base control, supported by regulations and standards, has led to development of a quality control flowchart and check-lists, which synthesizes and organizes the essential checks to meet in each process in the building tasks of prestressing, particularly in terms of labor manpower, equipment, materials and technology.

This concept of an academic conformity control system, adjusted to prestressing tasks, had a practical component; the quality control check-lists have been analyzed and tested in real situation, culminating with respective conclusions.

KEY WORDS: Inspection, Quality Control, Prestressing, Post-tensioning, Conformity control, Check-lists.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO & PROBLEMÁTICA	1
1.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.1.2. PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 OBJECTIVO / ÂMBITO	3
1.3. MOTIVAÇÃO	3
1.4. ORGANIZAÇÃO	4

2. FISCALIZAÇÃO COMO INSTRUMENTO DO SISTEMA NACIONAL DA QUALIDADE	5
2.1. QUALIDADE	5
2.1.1. DEFINIÇÃO DE QUALIDADE.....	5
2.1.2. SISTEMA PORTUGUÊS DA QUALIDADE	7
2.1.3. O PAPEL DO LNEC NA GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO.....	10
2.1.3.1. Marca de Qualidade LNEC.	11
2.1.3.2. Documentos de Homologação e Documento de Aplicação.....	13
2.1.4. A MARCAÇÃO CE	14
2.1.4.1. Directiva dos Produtos de Construção.....	14
2.1.4.2. Marcação CE em sistemas de pré-esforço.	15
2.1.5. AS NORMAS ISO	16
2.1.6. A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO.....	19
2.1.6.1. A Realidade Nacional.....	19
2.1.6.2. O Conceito de Qualidade na Construção.	21
2.1.6.3. A falta de qualidade e as suas consequências.	22
2.1.6.4. Factores de melhoria para qualidade da construção em Portugal	25
2.2. O CONTROLO DE CONFORMIDADE	25
2.2.1. A ENGENHARIA DE SERVIÇOS.....	25
2.2.2. ENQUADRAMENTO E EVOLUÇÃO RECENTE DA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS.....	27

2.2.3. OS INTERVENIENTES NO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	28
2.2.4. ENQUADRAMENTO TÉCNICO	29
2.3. A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	30
2.4. EQUIPAS DE FISCALIZAÇÃO.....	333
2.4.1. CONTROLO DE CONFORMIDADE	35
2.4.2. AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONTROLO INTERNO E EXTERNO.....	37
2.4.3. ENQUADRAMENTO LEGAL	38
2.4.4. GARANTIAS E RESPONSABILIDADES DA FISCALIZAÇÃO	39
2.4.5. SEGUROS	40
3. OS AEROGERADORES	41
3.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS	41
3.1.1. A CRISE ENERGÉTICA	41
3.1.2. A REALIDADE PORTUGUESA	43
3.1.2.1. Questões Chave	43
3.1.2.2. Principais Políticas de Apoio	44
3.1.3. A ENERGIA EÓLICA	44
3.1.4. OS AEROGERADORES	45
4. TECNOLOGIA CONSTRUTIVA DE TORRES EÓLICAS EM BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO.....	49
4.1. TORRES DE SEGMENTOS DE BETÃO	49
4.1.1. PRODUÇÃO DE SEGMENTOS	50
4.1.2. FUNDAÇÕES	52
4.2. PRÉ-ESFORÇO.....	53
4.2.1. PRINCÍPIOS DO PRÉ-ESFORÇO	54
4.2.2. VANTAGENS.....	55
4.2.3. AÇO DE PRÉ-ESFORÇO	55
4.2.4. RASTREABILIDADE.....	59
4.2.5. ACEITAÇÃO	59
4.2.6. PRODUÇÃO DE ARMADURAS DE PÓS-TENSIONAMENTO COM ANCORAGEM PASSIVA.....	61
4.2.7. TRANSPORTE, MANUSEIO E ARMAZENAMENTO	62
4.2.8. PRAZOS PARA A INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO E INJECCÃO DE CALDAS.....	63
4.2.9. INSTALAÇÃO DE CABOS NA TORRE DE BETÃO.....	63
4.2.10. PROTECÇÃO DOS DUCTOS APÓS A MONTAGEM DE SEGMENTOS	65

4.2.11. COMPONENTES DE SISTEMAS DE PÓS-TENSIONAMENTO.....	66
4.2.11.1. Pratos de ancoragem	66
4.2.11.2. Armadura de Reforço Local	66
4.2.11.3. Cabeças de Ancoragem.....	66
4.2.11.4. Cunhas	67
4.2.11.5. Bainhas	68
4.2.12. UNIDADE HIDRÁULICAS DE PRÉ-ESFORÇO.....	68
4.2.12.1. Calibração da unidade hidráulica	69
4.2.12.2. Curva de Calibração.....	70
4.2.13. PROCESSO DE TENSIONAMENTO.....	71
4.2.14. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE PRÉ-ESFORÇO E AS PERDAS DE TENSÃO	72
4.2.15. MEDIÇÃO DE ALONGAMENTOS NOS CORDÕES DURANTE A INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO.....	73
4.2.16. ASSENTAMENTO DA ANCORAGEM.....	74
4.2.17. DESLIZE DE CORDÕES	75
4.2.18. CORTE DOS CABOS	76
4.2.19. PROTOCOLOS DE PRÉ-ESFORÇO.....	76
4.2.20. OS TÉCNICOS E A FORMAÇÃO.	77
4.3. INJECCÃO DOS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO NAS TORRES DE BETÃO PRÉ-FABRICADAS	77
4.3.1. MATERIAIS.....	78
4.3.2. PREPARATIVOS DA INJECCÃO	78
4.3.3. OPERAÇÃO DE INJECCÃO	79
4.3.3.1. Preparação do sistema de mistura e injeccão	79
4.3.3.2. Processo de injeccão	80
4.3.4. PESSOAL E FORMAÇÃO DA INJECCÃO DE CONDUTAS DE PÓS-TENSIONAMENTO.....	82
4.3.5. ENSAIOS E NORMAS.....	82
4.3.6. ANOMALIAS DECORRENTES DA OPERAÇÃO DE INJECCÃO.....	85
4.3.6.1. Procedimentos em caso da avaria do equipamento de injeccão	86
4.3.6.2. Fissuras no elemento de betão e derrames.....	86
4.3.6.3. Segregação de Água.....	86
4.3.6.4. Negativos	87
4.4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE PRÉ-ESFORÇO.....	87
4.5. PÓS-TENSIONAMENTO ADERENTE E NÃO ADERENTE	87
4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
4.7. REFERÊNCIAS NORMATIVAS	89

5. PROCESSO DE CONTROLO DE CONFORMIDADE DA INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO	91
5.1. AS FASES DE FABRICO E CONSTRUÇÃO	91
5.2. FLUXOGRAMAS DE ACTIVIDADES	93
5.3. PROCEDIMENTO GERAL DE CONFORMIDADE	1044
5.3.1. ELEMENTOS DE PROJECTO	104
5.3.2. PRODUÇÃO DE ARMADURAS DE PT E RECEPÇÃO DE MATERIAIS	104
5.3.3. OPERAÇÕES NO LOCAL DE MONTAGEM	1055
5.3.3.1. Instalação dos cabos na torre	105
5.3.3.2. Pós-tensionamento	105
5.3.3.3. Injecção das bainhas dos cabos de pré-esforço	106
5.3.3.4. Reenchimento	107
5.4. SISTEMA DE CONTROLO DE CONFORMIDADE	107
 6. FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE E DE CONTROLO E CORRECÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES	117
6.1. OBJECTIVO DOS PROTOCOLOS, FCC E DAS FCCNC	117
6.2. A ESTRUTURA DAS FCC	118
6.3. A ESTRUTURA DAS FCCNC	123
6.4. APLICAÇÃO DAS FCC E FCCNC	125
6.5. RESULTADOS	131
 7. CONCLUSÕES	133
7.1. CUMPRIMENTO DE OBJECTIVOS	133
7.2. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES	133
7.3. PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Ciclo de operações das normas de gestão da qualidade ISO	6
Fig. 2.2 – Organograma do Sistema Português de Qualidade	8
Fig. 2.3 – Logótipo IPAC	8
Fig. 2.4 – Marca Produto Certificado	10
Fig.2.5 – Logótipo CERTICON.....	10
Fig.2.6 – Logótipo CERTIF.....	10
Fig.2.7 – Logótipo APCER	10
Fig.2.8 – Estrutura e intervenientes da MQ LNEC.....	12
Fig.2.9 - Símbolo da marcação CE	14
Fig.2.10 – Marcação CE em Kits de sistemas de Pós-Tensionamento (PT)	16
Fig.2.11 - Evolução da emissão de certificados ISO9001 até 2008, de acordo com a ISO survey	17
Fig.2.12- Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processos.....	18
Fig.2.13 – Parâmetros de controlo no sector da construção	21
Fig.2.14 – Proposta de parâmetros orientadores do sector da construção.....	22
Fig.2.15 – Deficiência associadas ao custo de reparação.....	23
Fig.2.16 – Falhas em projecto por custo de reparação.....	23
Fig.2.17 – Frequência de ocorrência das falhas	23
Fig.2.18 – Frequência de ocorrência das falhas em projecto	23
Fig.2.19 - Intervenientes no processo de construção	29
Fig.2.20 – A intervenção da Gestão Técnica do Empreendimento (GTE)	30
Fig.2.21 – Actuação preventiva da Fiscalização.....	30
Fig.2.22 – Áreas Funcionais da Fiscalização.....	31
Fig. 2.23 - Organização da Fiscalização em função do tipo de obra.....	34
Fig.2.24 – Processo de controlo de um sistema produtivo	35
Fig.2.25- Cadeia de fluxo de sistemas produtivos e momentos de controlo de conformidade.	36
Fig.3.1 - Dependência energética Europa a 27 desde 1997 a 2007	42
Fig.3.2 - Produção de Energia por fonte – EU-27	42
Fig 3.3 – Produção de Energia em Portugal	43
Fig.3.4 - Capacidade de geração de base eólica global e na Europa – Dez 2009.....	45
Fig.3.5 - parque eólico em exploração.....	46
Fig.3.6 – Esquema de um aerogerador do tipo E82	48

Fig.3.7 – Pás de aerogerador de nova geração	47
Fig.4.1 – Esquema da constituição da torre.....	50
Fig.4.2- Central de betão	50
Fig.4.3 - Pólo industrial de produção de torres e pás de aerogeradores em Viana do Castelo	51
Fig.4.4 – Betonagem de segmentos.....	51
Fig.4.5- Processo de fabrico.....	51
Fig.4.6 - Fundação concluída a aguardar a montagem de segmentos.....	52
Fig.4.7 - Comparação de vigas de betão armado normal e com pré-esforço.....	54
Fig.4.8 – Sistema de pós tensionamento - ancoragens para armaduras internas aderentes	55
Fig.4.9- Etiqueta de identificação do aço com a Indicação do tipo de fio, neste caso Y 1860 S7... ..	56
Fig.4.10 - Processo de decapagem	56
Fig.4.11 – Processo de trefilagem	57
Fig.4.12 (a) e (b) - Encordoamento do fio	57
Fig.4.13 - Bobines de cordão de aço pronto para distribuição.....	57
Fig.4.14 (a) e (b) - Exemplo de teste de controlo de qualidade entregue com cada fornecimento de aço	60
Fig.4.15- Exemplo de documento de homologação para pré-qualificação de fornecedor.....	61
Fig.4.16- Folha de acompanhamento do tambor identificativa do material	61
Fig.4.17 - Desenrolamento das bobines e calha de assemblagem dos cabos.....	62
Fig. 4.18 - Pré cunhagem dos cordões à cabeça de ancoragem e dispositivo hidráulico	62
Fig.4.19 - Dispositivo de enrolamento dos cabos em bobines de transporte (tambores) e armazenamento provisório	62
Fig.4.20 - Armazenamento provisório do aço em obra	64
Fig.4.21 – Montagem de segmentos betão, teste de desobstrução das bainhas de pré-esforço	64
Fig.4.22. – Introdução das armaduras nas bainhas de pré-esforço.....	65
Fig.4.23 – Confirmação dos cabos na fundação	65
Fig.4.24 - Planta de posicionamento dos cabos de pré-esforço na flange de aço de 3m.	65
Fig.4.25 - (a) e (b) - Prato de ancoragem com armadura de reforço	66
Fig.4.26 – Cabeças de ancoragens.....	67
Fig.4.27 - (a) Ancoragens passiva (esquerda) e (b) ancoragem activa (direita) imediatamente antes do pós-tensionamento.	67
Fig.4.28 - Cunha constituída por 3 peças.....	68
Fig.4.29 - Bainha - tubo metálico corrugado	68
Fig.4.30 – Sistema de PT típico para cordões múltiplos de negativo central	69

Fig.4.31 – Unidade hidráulica bomba + macaco utilizado nas torres de betão	69
Fig.4.32 - (a) e (b)- Processo de calibração.....	70
Fig.4.33 (a) e (b) - Exemplo do gráfico de calibração (esquerda) e certificado de calibração (direita)	71
Fig.4.34 - Tensionamento de cordões da torre	71
Fig.4.35 – Parte de uma cunha partida devido a insuficiente comprimento dos cordões	72
Fig.4.36- Medição do alongamento.....	73
Fig.4.37 - Teste de medição de assentamento antes (esquerda) e após (direita) a libertação do macaco	75
Fig.4.38 - Limite de desgaste dos dentes das cunhas do prato de mordanças do macaco.....	75
Fig.4.39 – Dentes das cunhas intactos ainda operacionais para tensionamento.	75
Fig.4.40 – Pequenas fissuras (tamanho de um cabelo)	76
Fig.4.41 - Processo de corte do comprimento excedentário dos cordões.	76
Fig.4.42- Introdução das protecções de plástico	79
Fig.4.43 – Processo de mistura e início da injeção	80
Fig.4.44 – Válvulas de injeção	80
Fig.4.45- Pontos de selagem concluídos	81
Fig.4.46- Manutenção e limpeza da máquina injectora	81
Fig.4.47 – Esquema do dispositivo de ensaio de viscosidade.....	83
Fig.4.48 – Realização de ensaio de viscosidade	83
Fig.4.49 – Realização de ensaio de exsudação	83
Fig.4.50 ensaio de exsudação.	84
Fig.4.51- Método da proveta cilíndrica – ensaio variação de volume.....	84
Fig.4.52 – (a) preparação do ensaio e (b) medição da variação de volume	85
Fig.4.53 – Recolha de provetes para ensaio de resistência à compressão	85
Fig. 4.54 - Cordões de pré esforço com manga de epoxy e lubrificante anticorrosivo para sistemas de Pt não aderente	88
Fig.5.1 – Processo de produção e instalação de um Aerogerador.....	92
Fig.5.2- Reduzidos espaços na plataforma de trabalho	93
Fig.5.3 – Base de Controlo de Conformidade inicialmente definido	109
Fig.5.4 – Base de Controlo de Conformidade optimizado	111
Fig.6.1 – Cabeçalho título de uma FCC.....	119
Fig.6.2 – Campo de identificação de uma FCC	119
Fig.6.3 – Campo de identificação de documentos de referência.....	120
Fig.6.4 – Campo de base dos elementos de controlo.....	120

Fig.6.5 – Campo de base dos elementos de controlo, mão-de-obra e equipamento	121
Fig.6.6 – Campo de base dos elementos de controlo, materiais, armazenamento e condições de trabalho.....	121
Fig.6.7 – Campo de base dos elementos de controlo, tecnologia	122
Fig.6.8 – Campo de autentificação e legenda da FCC	122
Fig.6.9 – Campo 3, 4 e 5 do protocolo de ensaio de conformidade e monitorização da calda de Injecção.....	123
Fig.6.10 – Campo de identificação da FCCNC e dados da operação em questão	124
Fig.6.11 – Campo de relatório de não conformidade da FCCNC	124
Fig.6.12 – Campo de procedimento de conformidade da correcção	125
Fig.6.13 – Campo de observações finais e verificações.	125
Fig.6.14 – Campo de observações finais e verificações	126
Fig.6.15 – Desocupação da plataforma de trabalho	126
Fig.6.16 (a) – Inspeção de equipamento e ligações (b) Verificação de equipamento	126
Fig.6.17 – Confirmação do n.º de lote da cabeça da ancoragem	127
Fig.6.18 – Existência de obstrução dos trabalhos de pré-esforço	127
Fig.6.19 – FCC INST_PRSTRS pág.1	128
Fig.6.20 – FCC INST_PRSTRS pág.2	128
Fig.6.21 – FCC INST_PRSTRS pág.3	129
Fig.6.22 – FCC PRT_PT pág.1	129
Fig.6.23 – FCC PRT_PT pág.2	130
Fig.6.24 – FCCNC	130
Fig.6.25 – Aplicação das fichas e partilha de conhecimentos.....	131

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 4.1 - Cordão para pré-esforço segundo a norma: Euronorma 138-79	58
Quadro 4.2 - Cordão para pré-esforço segundo especificações LNEC E 453	58
Quadro.4.3 - Legislação e normas aplicáveis	89
Quadro 5.1 – Fluxograma geral do processo de Controlo de Conformidade de Pré-esforço	95
Quadro 5.2 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Concepção/Projecto)	96
Quadro 5.3 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Recepção de materiais)	97
Quadro 5.4 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Produção)	98
Quadro 5.5 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Armazenamento)	99
Quadro 5.6 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Transporte)	99
Quadro 5.7 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Armazenamento provisório em obra)	100
Quadro 5.8 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Colocação de cabos na torre)	100
Quadro 5.9 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Pré-esforço)	101
Quadro 5.10 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Injecção de caldas (grout))	102
Quadro 5.11 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Reenchimento final)	103
Quadro 5.12 – Resumo das fichas elaboradas para Controlo de Conformidade e Controlo e Correção de Não Conformidades	112
Quadro 5.13 – Metodologia associada ao tratamento de Não Conformidades.	115

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AEP – Associação Empresarial de Portugal
AF - Áreas Funcionais.
APCER – Associação Portuguesa de Certificação
ATE - Aprovação Técnica Europeia
BVQI - Bureau Veritas Quality International de Portugal
CCP - Código dos Contratos Públicos
CE - Conformidade Europeia
CERTICON - Associação para a Qualificação e Certificação na Construção
CERTIF – Associação para Certificação de Produtos
CNQ - Concelho Nacional de Qualidade
DA – Documento de Aplicação
DCP - Directiva Comunitária dos Produtos de Construção
DH – Documento de Homologação
DL – Decreto-Lei
EEE – Espaço Económico Europeu
EIT Electrically-isolated prestressing tendons
EN – Norma Europeia
EPI – Equipamento de Protecção Individual
FCC – Ficha de Controlo de Conformidade
FCCNC – Ficha de Controlo e Correção das Não Conformidades
GEE - Gás com Efeito de Estufa
GGQ – Gestor Geral da Qualidade
IEC - International Electrotechnical Commission
IPAC – Instituto Português de Acreditação
IPQ – Instituto Português da Qualidade
I&D – Investigação e Desenvolvimento
ISO – Organização Internacional de Normalização
LFF – Lista de Falhas Frequentes
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MQ – Marca de Qualidade
NP – Norma Portuguesa

ONA – Organismo nacional de acreditação

ONS – Organizações de Normalização Sectoriais

PCC – Plano de controlo da Conformidade

PGGQ – Plano Geral de Garantia da Qualidade

PT - Pós-Tensionamento

SNGQ - Sistema Nacional de Gestão da Qualidade

SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade

SPQ – Sistema Português da Qualidade

UE – União Europeia

RGEU - Regulamento Geral das Edificações Urbanas

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO & PROBLEMÁTICA

1.1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

À actividade humana, através do desenvolvimento económico, da expansão urbana e da industrialização que se processa em paralelo, estão associadas necessidades elevadas de consumo de energia.

A actual crise que se vive é sobretudo de origem energética. Possibilitar um desenvolvimento sustentável através do aumento do consumo energético sem o esgotamento dos recursos naturais do nosso planeta e a degradação exponencial do meio ambiente, resulta num dos maiores desafios para a humanidade.

As energias renováveis tornam-se a curto prazo como a solução mais viável, sendo mesmo a principal estratégia nacional para a resolução do deficit energético do país.

“O Ministro da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento sublinhou que «existe uma dimensão que torna esta estratégia um verdadeiro imperativo, que é a importância que o défice energético tem no défice externo, aquele que será provavelmente o maior bloqueio à nossa capacidade de crescer mais e crescer melhor». «Se existe limitação estrutural relevante nos dias de hoje para o crescimento da economia portuguesa é a persistência e o carácter estrutural do défice externo na balança de bens e serviços.

O Plano Novas Energias prevê que em 2020 Portugal produza - com recursos próprios renováveis - o equivalente a 60 milhões de barris anuais de petróleo, pelo que Vieira da Silva referiu que «a estratégia permitirá - numa estimativa muito prudente - uma redução muito significativa, em cerca de um quarto, no défice externo de bens e serviços energéticos». «O défice na balança de produtos energéticos atingiu nos últimos anos um valor sempre acima dos 4,5% do PIB», recordou o Ministro, pelo que «reduzir de forma significativa este défice significa tão só libertar a capacidade de crescimento da economia portuguesa e libertá-la no bom sentido.” [1]

A energia eólica constitui-se como uma das mais promissoras fontes de energia natural. Em Portugal esta fonte está em desenvolvimento crescente, pois já produz cerca de 8% da electricidade consumida anualmente, esperando-se que, em 2010, aquele valor atinja 15%.

Neste contexto surge a ENEOP – Eólicas de Portugal, S.A., suportada pelo parceiro tecnológico Enercon GMBH, pioneira em I&D com aerogeradores de última geração sem caixa de velocidades.

Ganhou em 2005 a primeira fase do concurso público para a instalação de 1200 MW de novos parques eólicos até 2013. Deste concurso resulta também a instalação de um grande pólo industrial de 5 novas fábricas e um centro de I&D e formação na região de Viana do Castelo, uma região com uma antiga tradição industrial mas cuja actividade económica tem sofrido muito como consequência das reestruturações dos anos 80.

Outra grande característica de distinção associada aos aerogeradores produzidos em Viana do Castelo, são as torres em anéis/segmentos de betão armado, pré-esforçado e pós-tensionado.

1.1.2. PROBLEMÁTICA

Estão decorridos sensivelmente dois anos desde a primeira instalação em Portugal de aerogeradores construídos por segmentos de betão armado.

As vantagens da utilização de torres de betão armado pré esforçado sobre as até então tradicionais torres de aço, são a capacidade de construção até altitudes não praticáveis com recurso às constituídas exclusivamente de aço. São necessárias espessuras de parede consideráveis de aço para obter função/altura tendo, como grande desvantagem o aumento do preço do aço nos mercados internacionais. Nas torres em betão as vibrações são significativamente inferiores e os custos de manutenção e de serviço são insignificantes quando comparados com as tradicionais em aço.

A hegemonia estrutural das torres de betão armado deve-se em grande parte ao emprego da técnica do sistema de pré-esforço pós tensionamento em betão armado.

A operação de instalação de pré-esforço num sistema vertical em torres de aerogeradores com aproximadamente 80 m de altitude é, como se disse, relativamente recente em Portugal. Toda a operação é constituída por procedimentos cuja verificação de conformidade é imprescindível e consista à maximização da qualidade global, dentro das restrições de prazos e custos estabelecidos, com o fim único que é a salvaguarda da integridade estrutural destes equipamentos e a sua longevidade de utilização.

A instalação de pré-esforço em estruturas de betão armado, concretamente em torres eólicas, cujo controlo de conformidade é objecto desta dissertação, caracteriza-se por um conjunto vasto de operações de interligações de vários intervenientes que se torna necessário prover de processos de controlo e verificação, desde o contacto com os fornecedores dos componentes iniciais, passando pela produção e acondicionamento dos materiais em ambiente industrial, a logística associada e a instalação propriamente dita.

“O pré-esforço em estruturas de engenharia civil, hoje amplamente divulgado, consiste na introdução de um conjunto de “acções auto-equilibradas” sobre a estrutura, criteriosamente escolhidas de forma a contrariar tanto quanto possível as acções a que a estrutura estará submetida, isto é, a aplicação de esforços em peças de betão, antes do início da sua utilização, que contrariam os efeitos das acções a que estas vão estar sujeitas” [2].

Neste contexto, decidiu-se centrar toda a pesquisa e investigação, na elaboração de diversos procedimentos que resultem numa metodologia simplificada e acessível de aplicar no âmbito da fiscalização, supervisionamento e controlo de conformidade deste tipo de tecnologia na construção, num sistema vertical em torres de aerogeradores, mas à grande maioria de estruturas de betão armado dotadas deste tipo de instalação cada vez mais comum nos dias de hoje.

Naturalmente e associado a este propósito destaca-se, o aprofundamento do conhecimento sobre as políticas de qualidade na construção, as metodologias de fiscalização de obras, e um enquadramento

da situação portuguesa nesta problemática procurando dar um sentido prático incidindo sobre os aspectos técnicos que são os utilizados pelo pré-esforço e o pós-tensionamento de estruturas de betão armado.

1.2. OBJECTIVO / ÂMBITO

A Engenharia de Serviços é hoje uma actividade essencial na área da construção, dando resposta à complexidade crescente que a indústria da construção actualmente exige na qual a actuação da fiscalização como ferramenta de auxílio e cooperação entre os diversos intervenientes, constitui um dos vectores fundamentais para a garantia da qualidade do produto final.

Ao longo desta dissertação é feita uma apresentação do tema Garantia da Qualidade da indústria da construção, às formas de actuação da fiscalização e a sua função como instrumento do Sistema Nacional de Qualidade, conferindo o devido enquadramento político, social e económico da actual situação do país. Esta temática é suportada com base em várias referências bibliográficas, das quais se destacam Rodrigues, R. *Metodologia de Fiscalização de Obras* [3] e Costa, J. *Apontamentos da disciplina de Qualidade na Construção* [4], pelo papel que desempenharam na redacção do mesmo.

É feita a aplicação desta temática à abordagem das regras, regulamentos, tecnologias e procedimentos vigentes aplicados a sistemas de pré-esforço pós-tensionamento, neste caso e objectivamente à supervisão da instalação destes sistemas a torres de betão armado em aerogeradores, visando contribuir para a melhoria dos procedimentos do controlo de conformidade aplicados a estes trabalhos.

No desenvolvimento da dissertação preparou-se um Plano de Controlo de Conformidade (PCC), de forma a otimizar o desempenho da fiscalização através de procedimentos que maximizam a sua acção preventiva e que funcionam como ferramenta de apoio no exercício das acções de supervisão dos trabalhos. Desenvolveu-se assim um Sistema de Controlo de Conformidade (SCC), associado às diversas operações de pré-esforço, nomeadamente de aerogeradores, constituído a partir de fluxogramas de processos e listas de controlo, *check-lists*, denominadas Fichas de Controlo de Conformidade (FCC), elaboradas para as diferentes tarefas que integram este tipo de operações.

Dadas as características da operação de pré-esforço conotada como de alto risco, considerou-se útil associar simultaneamente à lista de FCC a lista de falhas frequentes (LFF).

Este trabalho tenta conciliar a componente teórica - científica com uma vertente prática, tendo ainda como objectivo confirmar a sua aplicabilidade em obra.

1.3. MOTIVAÇÃO

Quando surgiu a oportunidade de escolha do tema da dissertação, rapidamente decidiu-se sobre o assunto que despertou maior interesse: O controlo de conformidade. Pela importância de que se reveste a consciência da optimização das metodologias de Engenharia de Serviços, onde se envolvem aspectos sociais e humanos, processos e tecnologias e conhecimentos multidisciplinares de áreas tecnológicas para o seu desenvolvimento e gestão, visando a melhoria de processos para a obtenção de um produto final de qualidade, entendeu-se seguir este termo nesta dissertação.

Como à data da elaboração desta dissertação me encontro a exercer funções relacionadas com o controlo de conformidade das operações de pré-esforço das torres de betão de aerogeradores, o interesse sobre o assunto da dissertação passou a ter a possibilidade de aplicabilidade real e directa.

Consciente das dificuldades acrescidas pela complexidade do tema em particular, mas acima de tudo, com a motivação para abraçar a tarefa de concepção de novos procedimentos de controlo e/ou optimizando os existentes, procurou-se sempre atingir o objectivo de assegurar a conformidade de processos deste género, caracterizados por operações de alto risco.

Resumindo, o pré-esforço apesar de não ser a essência do produto final, nem sequer sendo um elemento visível do sistema, constitui um dos processos fundamentais a executar com total fiabilidade, de modo a garantir que os aerogeradores assegurem a produção de energia eléctrica e é aqui que o cliente incide as suas maiores preocupações. No entanto esta tecnologia, o pré-esforço, actua como componente integrado no sistema global do equipamento cujo objectivo é a garantia de um produto final de qualidade, conferindo ao aerogerador, resistência e durabilidade estruturais que devido às funções em toda a sua vida útil estará sujeita a acções de esforços de elevada intensidade.

1.4. ORGANIZAÇÃO

A dissertação é iniciada com a apresentação do enquadramento e respectiva motivação, apresentando a problemática da Qualidade na Construção e da fiscalização no sector da construção. É abordada de uma forma sucinta a questão energética, assim como a referência aos objectivos a atingir com a realização deste trabalho.

Seguidamente são definidos de uma forma mais ampla os aspectos gerais, históricos e sociais do Sistema Nacional de Gestão da Qualidade e a Engenharia de Serviços da Indústria da Construção.

São também apresentados sucintamente, no capítulo seguinte, os aspectos gerais relacionados com os aerogeradores enquadrando-os numa política de fomento de energias renováveis e caracterização do sector energético nacional e as preocupações a nível mundial. Aproveita-se para descrever o cluster eólico de Viana do Castelo.

De forma a introduzir o tema do controlo de conformidade associado ao pré-esforço, foram referidos vários conceitos base e técnicos desta tecnologia, absolutamente necessários para a compreensão do tema, com abordagem e inventariação da lista de falhas frequentes.

O penúltimo capítulo destina-se à apresentação da estruturação das FCC, à exposição da estrutura organizativa da Ficha de Controlo e Correção das Não Conformidades (FCCNC) e aplicação das fichas experimentando-as em obra.

No último capítulo apresentam-se as conclusões e ilações retiradas da concepção do Sistema na elaboração desta dissertação e também propostas para desenvolvimento em trabalhos futuros.

Em anexo apresentam-se todas as Fichas de Controlo de Conformidade e Ficha de Controlo e Correção das Não Conformidades realizadas.

2

FISCALIZAÇÃO COMO INSTRUMENTO DO SISTEMA NACIONAL DA QUALIDADE

2.1. QUALIDADE

2.1.1. DEFINIÇÃO DE QUALIDADE

A definição de qualidade é um pouco ambígua e pode ser obtida de inúmeras fontes. Acresce ainda que, quando associada à indústria de construção, a definição torna-se mais difusa encontrando-se muitas referências dispersas por diversos autores e enquadramentos tais como “A qualidade e durabilidade das estruturas”; “normas contemporâneas da qualidade”; “qualidade do projecto”, “qualidade de mão-de-obra” e por último “os custos determinam a qualidade ou a qualidade determina os Custos” [5].

Paiva, refere ainda dois aspectos relacionados com a noção de qualidade: [6]

- Grau de excelência;
- Adequação para o fim em vista.

No entanto, realça que no âmbito do processo construtivo não é muito apropriado definir qualidade pelo grau de excelência, mas antes pela sua adequação ao uso.

Um elemento comum a diversos autores é destacado pela norma British Standard BS4778, que refere que a qualidade é “*o conjunto de propriedades e características de um produto ou serviço relacionadas com a sua capacidade de satisfazer exigências expressas ou implícitas (...)*”. [4]

As exigências expressas referem-se a requisitos objectivos especificados pelo cliente, não obrigatórios em todos os produtos ou serviço desse tipo que sejam produzidos, enquanto as exigências implícitas correspondem a requisitos associados a funções elementares que esses produtos ou serviços deverão cumprir, de cariz óbvio ou vigente em regulamentação ou normalização.

A dicotomia entre “*exigências expressas*” e “*exigências implícitas*” leva a constatar que a obtenção da “qualidade” corresponde a um equilíbrio entre as características que um produto ou serviço possui – definidas pelo seu produtor - e as características procuradas pelos clientes. [4]

No caso do sector da construção, a fiscalização promove a garantia da qualidade, fazendo com que as exigências expressas contratualmente sejam cumpridas.

Costa [3] faz referência à questão da inexistência de “produtos de qualidade”, mas antes “produtos cuja qualidade especificada pelo seu produtor encontra aceitação por uma faixa de mercado que garante a viabilidade económica da empresa produtora”. Isto é a qualidade de um produto ou serviço depende do equilíbrio entre as características desejadas pelo cliente e as características que o produto oferece. Ou seja, pode-se dizer que não existe produto ou serviços de qualidade mas sim um produto ou serviço que satisfaz as exigências do cliente e que encontra aceitação numa faixa de mercado que garante a viabilidade económica da empresa produtora. [4]

Acima de tudo a qualidade é a garantia de estar “em controlo” de todas as principais áreas e processos chave de determinada actividade. O processo de se “estar em controlo” reduz a variação e desta forma promove a qualidade.

A sistematização de métodos de procedimentos de qualidade tem pouco significado quando não são organizados por um sistema de qualidade que deverá incluir:

- **Controlo de Documentação:** Garantir que todos os funcionários da estrutura têm acesso ao procedimento correcto e que este é devidamente mantido;
- **Auditorias:** Permitir a verificação se os procedimentos de qualidade estão a ser seguidos;
- **“Monitorização” de Não conformidades:** monitorizar aspectos relacionados com a qualidade, garantindo que os defeitos são afastados do cliente;
- **Acções correctivas e acções preventivas:** Corrigir processos que falham quando detectados via auditorias e acompanhamento de não conformidades, de forma a evitar que existam defeitos recorrentes.
- **Revisões periódicas do sistema:** Rever os dados de desempenho do sistema de qualidade para determinar se o sistema de qualidade está a funcionar e, caso contrário, tomar as medidas adequadas para melhoramento do sistema.

A garantia da qualidade é também muitas vezes explicada pelo ciclo “plano, faz, confirma, age”, que defende o estudo e planeamento contínuos dos processos a realizar (figura 2.1.)

- **Planear:** Processos documentados através dos procedimentos e planos da qualidade;
- **Fazer:** Realização do trabalho sistematizado pelos procedimentos, implementação do plano;
- **Verificar:** Verificação de resultados da qualidade através de auditorias e documentação de não-conformidades;
- **Actuar:** Agir sobre os resultados de implementação de procedimentos de controlo e de análise de forma a corrigir e melhorar o desempenho do processo.

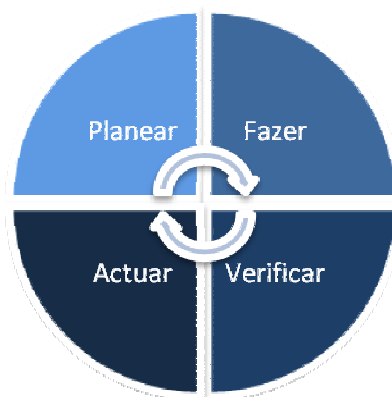


Fig. 2.1 - Ciclo de operações das normas de gestão da qualidade ISO

Garvin em 1994 [7] identificou e classificou diferentes abordagens da definição da qualidade (voltados para o produto base; para o utilizador; para a produção de carácter industrial; associado a custos), tendo organizado oito características que formam a perspectiva base da qualidade.

McGeorge e Palmer em 1997 [8] descreveram mais sete destas características, aplicadas ao sector da construção.

Estas grandezas podem ser relacionadas com a qualidade na construção da seguinte forma:

- Desempenho primário: características de funcionamento de um edifício, que lhe permitam atingir o seu principal objectivo e satisfazer as necessidades dos utilizadores;
- Fiabilidade é a probabilidade de um edifício ou dos seus componentes não falhar dentro de um período de tempo especificado;
- Conformidade: é o grau em o projecto e características de funcionamento do edifício correspondem aos padrões pré-estabelecidos;
- Durabilidade, é a unidade de medida da vida útil ou a duração de tempo de um edifício, ou de seus componentes, antes de uma avaria cuja substituição é preferível à reparação;
- Manutenção: a velocidade, delicadeza e competência em que as reparações são feitas com o mínimo de perturbação para os utilizadores;
- Estética, como o utilizador olha, sente e ouve o edifício;
- A qualidade apreendida, é uma medida subjectiva de como o utilizador percebe a qualidade de construção. [5]

2.1.2. SISTEMA PORTUGUÊS DA QUALIDADE

A institucionalização do Sistema Nacional de Gestão da Qualidade (SNGQ), que confere os primeiros passos no enquadramento legal da qualidade em Portugal nasce com a promulgação do Decreto-Lei n.º 165/83.

O IPQ, órgão que garante a coordenação, planeamento, dinamização, gestão geral e o desenvolvimento do SPQ, teve a sua génese através do Decreto-Lei n.º 183/86, de 12 de Julho. O «Sistema Português da Qualidade (SPQ)» que em 1993, pelo Decreto-Lei n.º 234/93 veio substituir o SNGQ é a estrutura que engloba, de forma integrada, as entidades que congregam esforços para a dinamização da qualidade em Portugal, com vista ao desenvolvimento sustentado do País e ao aumento da qualidade de vida da sociedade em geral. [9]

As preocupações crescentes ao nível mundial no domínio da qualidade, como factor determinante para a produtividade e competitividade das actividades de todos os agentes económicos onde se incluem todos os serviços estatais (Administração, Justiça, Ensino, etc.) factor essencial para a qualidade de vida dos cidadãos e formaram a necessidade de se proceder a ajustamentos orgânicos no IPQ, por via do Decreto Regulamentar n.º 56/91, passando esta entidade a ter maiores responsabilidades nas áreas de intervenção e coordenação ao nível do Estado enquanto promotor e auxiliador da modernização do tecido empresarial português.

Efectivamente no âmbito do SPQ, o IPQ é o organismo responsável, em Portugal, pelo desenvolvimento de actividades de Normalização, Metrologia e Qualificação, e pela gestão de programas de apoio financeiro, intervindo ainda na cooperação com outros países no domínio da Qualidade, com vista ao desenvolvimento sustentado do País e ao aumento da qualidade de vida da sociedade em geral.

Na Fig.2.2 encontra-se esquematizado o organograma do SPQ, onde se podem ver os diferentes intervenientes no sistema.

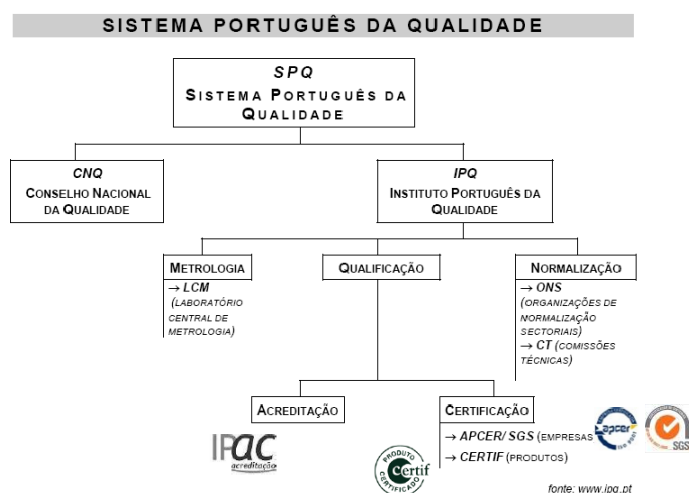


Fig. 2.2 – Organograma do Sistema Português de Qualidade [adaptado de [4]]

Actualmente, encontra-se em vigor o Decreto-Lei n.º 142/2007 de 27 de Abril, que determina as funções do IPQ como coordenador das actividades relacionadas com metrologia, qualificação e normalização. Este diploma define os subsistemas seguintes:

- **Metrologia:** garante o rigor e a exactidão das medições realizadas, assegurando a sua comparabilidade e rastreabilidade, a nível nacional e internacional, e a realização, manutenção e desenvolvimento dos padrões das unidades de medida;
- **Qualificação:** enquadra as actividades da acreditação, da certificação e outras de reconhecimento de competências e de avaliação da conformidade, no âmbito do SPQ
- **Normalização:** enquadra as actividades de elaboração de normas e outros documentos de carácter normativo de âmbito nacional, europeu e internacional.

Como factor evolutivo, e na sequência de imperativos comunitários, surge o subsistema de Qualificação, Instituto Português de Acreditação (IPAC), cuja função é a acreditação, nos termos do Decreto-Lei n.º 125/2004 de 31 de Maio.



Fig. 2.3 – Logótipo IPAC [10]

Acreditação é o procedimento através do qual o organismo nacional de acreditação (ONA), reconhece, formalmente que uma entidade é competente tecnicamente para efectuar uma determinada função específica, de acordo com normas internacionais, europeias ou nacionais, baseando-se completamente nas orientações emitidas pelos organismos internacionais de acreditação de que Portugal faça parte.

A certificação acreditada dá uma garantia escrita de que um produto, processo, serviço ou sistema está em conformidade com requisitos especificados.

As entidades acreditadas distribuem-se por:

- Organismos de certificação;
- Organismos de inspecção;
- Laboratórios de calibração;
- Laboratórios de ensaio.

A certificação é o procedimento através do qual uma terceira parte, acreditada para o efeito, garante que as metodologias de gestão e os processos de produção que estão definidos na estratégia de qualidade de determinada empresa, se encontram correctamente implementados e utilizados.

Actualmente existem vários Organismos de Certificação de Sistemas de Qualidade devidamente acreditados pelo IPQ, dos quais se destacam:

- APCER - Associação Portuguesa de Certificação;
- SGS Portugal - Société Générale de Surveillance;
- LRQA - Lloyds Register Quality Assurance;
- BVQI - Bureau Veritas Quality International de Portugal;
- DNV - Det Norske Veritas Portugal – Classificação, certificação e serviços;
- EIC - Empresa Internacional de Certificação;
- CERTICON - Associação para a Qualificação e Certificação na Construção;
- Q.S.C.B - Quality Systems Certification Bureau;
- TÜV Rheinland Group;
- D.Q. Auditores.

Com a certificação, os fabricantes têm a possibilidade de atestar de forma imparcial e credível a qualidade, a fiabilidade e o desempenho do produto ou serviço, na medida em que: [11]

- Reforça a confiança dos clientes;
- Faz a diferença face aos concorrentes;
- Aumenta a competitividade através da redução dos custos da não qualidade;
- Reforça a imagem da empresa;
- Permite o acesso a novos mercados;
- Permite evidenciar o cumprimento de regulamentações técnicas.

A certificação é também aplicável a produtos, *Marca Produto Certificado* que, quando colocada num produto, assegura a conformidade deste com a norma ou especificação técnica que lhe é aplicável, assegurando que o mesmo foi produzido por um fabricante que dispõe de um sistema de controlo da produção adequado. Produtos com esta marca reforçam a confiança do cliente assim como desenvolvem a diferença face aos concorrentes.



Fig. 2.4 – Marca Produto Certificado [12]

A marca de “produto certificado” reveste-se de grande significado e importância para uma competente actividade de gestão de controlo de conformidade, pois o conhecimento de que o produto foi elaborado por um fabricante com este tipo de marca, oferece garantias de autenticidade das características que lhe são atribuídas.

Realça-se o contributo da CERTICON, Associação para a Qualificação e certificação na Construção, criada especificamente para o sector da construção, na implementação de sistemas de gestão de qualidade, na valorização das empresas e na promoção da qualidade de produtos e serviços. A qualificação e certificação de sistemas de qualidade abrange:

- Empresas de construção;
- Empresas de projecto;

- Empresas de comércio de materiais de construção;
- Empresas de consultadoria, fiscalização e gestão de empreendimentos de construção.

A figura 2.5 ilustra o logótipo utilizado pelo organismo Certicon.



Fig.2.5 – Logótipo CERTICON [13]

A CERTIF, Associação para a Certificação de Produtos, é um organismo notificado para vários produtos no âmbito da Directiva Produtos da Construção. Já efectuou a avaliação da conformidade de vários produtos e emitiu os respectivos certificados de conformidade CE ou de controlo da produção em fábrica. A figura 2.6 ilustra o logótipo utilizado por esta associação.



Fig.2.6 – Logótipo CERTIF [11]

De modo análogo, a APCER, Associação Portuguesa de Certificação, também se dedica à certificação de produtos e serviços da construção, entre outros. A figura 2.7 representa o logótipo da associação.



Fig.2.7 – Logótipo APCER [14]

2.1.3. O PAPEL DO LNEC NA GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

Já passaram mais de 60 anos desde a sua criação mas *“para grande parte dos portugueses, o LNEC é basicamente um lugar cercado de muros baixos, com um conjunto de edifícios austeros, onde engenheiros menos acessíveis se ocupam de problemas complexos de engenharia. Não saberão exactamente quais, mas os mais velhos associarão certamente o Laboratório à concepção de grandes barragens e de importantes obras hidráulicas, enquanto os mais jovens se recordarão de frequentes menções à intervenção do LNEC em situações de crise, designadamente em túneis e pontes.”*. [15] Porém, o LNEC não só continua a ser uma das mais prestigiadas instituições portuguesas, como tem desempenhado um papel fundamental no quadro do desenvolvimento científico e tecnológico nacional. [16]

O LNEC foi criado em fins de 1946, pelo Ministro José Frederico Ulrich, ao fundir o Laboratório de Ensaio de Materiais (anteriormente existente no Ministério das Obras Públicas) com o Centro de Estudos de Engenharia Civil sediado no Instituto Superior Técnico. Esta dupla vertente, investigação e experimentação, moldou decisivamente o futuro desenvolvimento do LNEC, convertendo-se rapidamente numa instituição de vanguarda nos estudos no domínio da engenharia civil e uma referência nacional e internacional em matéria de investigação e experimentação.

Para o desenvolvimento e hegemonia do LNEC contribuíram os lançamentos, após a 2.^a Guerra Mundial, de grandes planos de obras públicas, especialmente no domínio dos aproveitamentos

hidráulicos e das infra-estruturas de transportes (quer no Continente, quer nos territórios Ultramarinos), a industrialização do país em sectores básicos da economia, especialmente a partir da década de 50 e o surto de desenvolvimento e modernização impulsionados pela adesão à Comunidade Económica Europeia.

A partir da década de 50 verificou-se também uma grande endogeneização da tecnologia, que levou no que o sector nacional da engenharia ocorresse um progresso notável no sector de serviços de engenharia tanto no domínio da elaboração de estudos e projectos, como no domínio da gestão da construção, capacidade para projectar e construir qualquer tipo de obra quer a nível nacional, quer internacional.

No quadro do sistema nacional de garantia da qualidade na construção, que importa aperfeiçoar e desenvolver, o LNEC encontra-se especialmente habilitado. Tem vindo a desenvolver acções de certificação dentro de um próprio sistema de qualificação associado à indústria da construção. Destaca-se ainda o esforço desenvolvido em torno do termo qualidade, designadamente com a promoção dos Encontros Nacionais sobre Qualidade (e Inovação) na Construção que fomentam uma cultura de qualidade no sector.

2.1.3.1. Marca de Qualidade LNEC.

A Marca de Qualidade LNEC (MQ LNEC) para empreendimentos da construção, foi criada em 1990 através do Decreto-Lei nº 310/90, de 1 de Outubro, com o propósito e opção prioritária do estado no apoio ao desenvolvimento do sector da construção, como resposta às exigências prementes da evolução e adaptação no quadro da integração do País nas comunidades europeias. O objectivo principal da marca é o incremento da qualidade nos vários domínios de actividade em particular, aos vários níveis do processo global de realização dos empreendimentos de construção civil e obras públicas.

Sendo um empreendimento de construção o resultado final do processo construtivo, a certificação da sua qualidade terá de cobrir as diferentes fases desse processo, desde a promoção e o projecto até à execução da obra, incluindo também os materiais, componentes e equipamentos de construção que nele venham a ser utilizados.

A Marca de Qualidade LNEC tem carácter voluntário e é facultada aos empreendimentos da construção públicos ou privados para os quais, no início do processo construtivo, os respectivos donos de obra requeiram a sua concessão. [12]

Com a concessão da MQ LNEC, visam-se os seguintes objectivos:

- A efectivação de um plano geral de garantia da qualidade tendo em vista o cumprimento das disposições contratuais, legais e regulamentares aplicáveis e das especificações técnicas, bem como a prática das boas regras da arte;
- Níveis acrescidos de satisfação em relação aos requisitos exigidos na legislação;
- A redução do risco de danos associados aos empreendimentos, nomeadamente devidos a anomalias no processo construtivo;
- Condições favoráveis à redução dos prémios de seguros de responsabilidade e de construção.

No processo conducente à concessão da MQ LNEC, além do LNEC como entidade outorgante e dos donos de obra como entidades beneficiárias da marca, intervêm ainda no processo conducente à sua

atribuição empresas qualificadas pelo LNEC como Gestores Gerais da Qualidade de empreendimentos (GGQ). A relação entre estes diferentes intervenientes está ilustrada na figura seguinte (figura 2.8).



Fig.2.8 – Estrutura e intervenientes da MQ LNEC [adaptado de [12]]

A atribuição da Marca de Qualidade LNEC a um empreendimento pressupõe o cumprimento dos seguintes requisitos fundamentais:

- Nomeação, pelo dono de obra, de um Gestor Geral da Qualidade de empreendimentos (GGQ), qualificado pelo LNEC para esse efeito;
- Elaboração pelo GGQ e aprovação pelo LNEC de um Plano Geral de Garantia da Qualidade (PGGQ), que deve incluir todos os domínios e aspectos inerentes à realização do empreendimento ao longo das suas diversas fases;
- Declaração de conformidade, emitida pelo GGQ no final da obra, atestando o cumprimento dos objectivos do PGGQ e respectiva homologação dessa declaração pelo LNEC.

Os Gestores Gerais da Qualidade (GGQ) são qualificados pelo LNEC através da Secção de Inscrição e Classificação da Comissão de Gestão da Marca por categorias e classes de empreendimentos, sendo as suas candidaturas analisadas ao abrigo da experiência e capacidade técnica e organizativa que apresentem ao nível de empreendimentos de construção, com base no cumprimento de requisitos.

Foram estabelecidas três categorias de empreendimentos:

- Edifícios e património construído;
- Vias de comunicação, obras de urbanização e outras infra-estruturas (inclui as obras de saneamento);
- Obras hidráulicas (inclui as seguintes obras: obras fluviais e aproveitamentos hidráulicos, obras portuárias, obras de protecção costeira, barragens e diques, dragagens e emissários). A cada uma das três categorias associadas oito classes de valor de obra.

Para a realização da candidatura os GGQ devem satisfazer aos seguintes requisitos:

- Exercício da actividade de gestão geral da qualidade de empreendimentos da construção constando do objecto social da empresa;
- Idoneidade;
- Capacidade técnica, demonstrada pela actividade presente e passada, pelos curricula do quadro técnico permanente, pela estrutura organizativa, pela dimensão e pelos meios de acção disponíveis, incluindo pessoal especializado;
- Estrutura organizativa contemplando um sistema adequado de gestão da qualidade, considerando-se este requisito satisfeito quando a empresa tiver obtido a certificação de acordo com a norma NP EN ISO 9001.

Ao GGQ incumbe, para além das funções de elaboração de um plano geral de garantia da qualidade inerente à realização do empreendimento, cumprir as obrigações contratuais com o dono da obra, assegurar a aplicação das normas e especificações técnicas contratualmente previstas, garantir a prática das boas regras da arte na execução dos trabalhos, obter a aprovação do LNEC quanto à utilização de eventuais entidades de controlo técnico, adopção das orientações que venham a ser preconizadas pelo LNEC em relação ao desenvolvimento do processo de controlo e a elaboração em devido tempo de relatórios parciais e finais inerentes à actividade exercida no que diz respeito à sua actividade global de controlo da qualidade. Por fim e com vista à obtenção da MQ LNEC, procede à emissão da declaração de conformidade atestando o cumprimento das disposições contratuais, legais e regulamentares e de especificações técnicas referentes a exigências essenciais e praticas das boas regras da arte na realização do empreendimento, devidamente homologado pelo LNEC.

2.1.3.2. Documentos de Homologação e Documento de Aplicação.

O Artigo 17.º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951, define que *“A aplicação de novos materiais ou processos de construção para os quais não existam especificações oficiais nem suficiente prática de utilização será condicionada ao prévio parecer do Laboratório de Engenharia Civil do Ministério das Obras Públicas”*. [17] A emissão de pareceres de apreciação para os produtos não tradicionais ao abrigo do referido artigo iniciou-se de imediato embora, só a partir de 1963 esses pareceres passaram a ser traduzidos num Documento de Homologação (DH), situando-se nesse ano a publicação de quatro DH, o primeiro referente a armaduras especiais para betão armado e os três restantes a pavimentos incorporando vigotas prefabricadas de betão. Desde essa ocasião até aos dias de hoje, o LNEC emitiu cerca de 900 DH, cobrindo um leque variado de produtos e sistemas de construção.

Um Documento de Homologação de um produto ou sistema de construção inclui normalmente, para além da Decisão de Homologação, uma descrição geral, a enumeração das suas características, o campo de aplicação, a apreciação – efectuada tendo em conta os resultados dos ensaios realizados e as observações decorrentes de visitas às instalações de fabrico, a obras em curso e a construções em uso, regras para os seus armazenamento, transporte e aplicação em obra, e as características e respectivas tolerâncias a avaliar no âmbito da realização de eventuais ensaios de recepção.

A Directiva Comunitária 89/106/CEE, correntemente designada por Directiva dos Produtos de Construção, criada com o objectivo de eliminar as barreiras técnicas à livre circulação dos produtos de construção que circulam no Espaço Económico Europeu (EEE) e que se destinam a ser utilizados em obras de construção e de engenharia civil implementou a marcação de qualidade, CE. Esta situação originou novo enquadramento legal ao processo de homologação que o LNEC vinha a realizar desde então.

Com este novo enquadramento, vertido para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 50/2008, que constitui a alteração ao art. 17 do RGEU, Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951, o LNEC deixou de emitir Documentos de Homologação para o conjunto de produtos de construção que foram sendo abrangidos pelas normas entretanto publicadas.

Devido a esta situação, o LNEC decidiu em adaptação a esta nova situação passar a emitir um novo tipo de documento de apreciação técnica de produtos de construção, de carácter voluntário, que designou por Documento de Aplicação (DA).

Os Documentos de Aplicação incluem aspectos não cobertos pelas especificações técnicas que estão na base da marcação CE dos produtos como, por exemplo, a definição do respectivo campo de

aplicação e eventuais limitações de emprego, as características de desempenho mais significativas, a avaliação de características julgadas relevantes complementares às abrangidas por aquela marcação, as características (e respectivas tolerâncias) que poderão ser objecto de ensaios de recepção em obra, as condições para a sua correcta colocação em obra, as regras para uma adequada manutenção e a consideração de eventuais especificidades nacionais. [18]

2.1.4. A MARCAÇÃO CE

A “marcação CE” é representada pelo símbolo da fig.2.9, cuja aposição tem de seguir determinadas regras, segundo um determinado grafismo. As iniciais “CE” são a abreviatura da designação francesa *Conformité Européene* que significa Conformidade Europeia.



Fig.2.9 - Símbolo da marcação CE [19]

Marcação CE indica a conformidade de um produto com os requisitos estabelecidos em directivas comunitárias da "Nova Abordagem", permitindo-lhes a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu (EEE). Estas directivas visavam legislar os requisitos essenciais dos produtos, de forma a atingir um patamar de garantia de protecção do ambiente, da saúde pública e da segurança de pessoas e bens, tendo por objectivo a obtenção de produtos europeus mais seguros e competitivos.

As Directivas da Nova Abordagem da União Europeia são de cumprimento obrigatório em todos os países membros à medida que vão sendo transpostas para a legislação nacional de cada país membro.

A aposição da marcação CE é da responsabilidade do fabricante ou dos seus agentes ou representantes autorizados estabelecidos no EEE, e deve ser aposta na sequência da aplicação dos mecanismos descritos na directiva ou directivas aplicáveis, complementados por decisões comunitárias. A marcação CE deve ser aposta de forma visível, facilmente legível e indelével, no próprio produto, num rótulo nele fixado, na respectiva embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento.

Em paralelo com a marcação CE podem ser apostas marcas nacionais ou outras, desde que não reduzam a visibilidade ou a legibilidade daquela e não induzam em erro quanto ao seu significado e grafismo.

2.1.4.1. Directiva dos Produtos de Construção.

Uma das directivas com maior impacto é a chamada DPC - Directiva dos Produtos de Construção, de 21 de Dezembro de 1988, que se refere à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-membros, no que respeita aos produtos de construção (Directiva 89/106/CEE) e foi criada com o objectivo de eliminar as barreiras técnicas à livre circulação dos produtos de construção no Espaço Económico Europeu (EEE).

Esta Directiva foi inicialmente transposta para a ordem jurídica portuguesa através de dois diplomas: o Decreto-Lei nº 113/93, de 10 de Abril, e a Portaria nº 566/93, de 2 de Junho, do Ministério da Indústria e Energia.

Com o objectivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e à utilização da marcação CE, alguns dos artigos da DPC, bem como de mais onze Directivas da Nova Abordagem, foram modificados pela Directiva do Conselho 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993, a qual foi transposta em

Portugal pelo Decreto-Lei nº 139/95, de 14 de Junho, que por sua vez foi posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 374/98, de 24 de Novembro.

Em Janeiro de 2007, o Decreto-Lei nº 113/93 foi novamente alterado pelo Decreto-Lei nº 4/2007, de 8 de Janeiro, o qual, pelo seu Anexo V, procedeu à republicação do Decreto-Lei nº 113/93 incorporando as diversas alterações, bem como a Portaria nº 566/93.

A DPC impõe como condição, para a introdução dos produtos de construção no mercado europeu (definidos, de acordo com o artigo 1.º da DPC, como todos os produtos destinados a ser permanentemente incorporados numa obra de construção, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil), que estes devem estar aptos ao uso a que se destinam, devendo por isso apresentar características tais que as obras onde venham a ser incorporados satisfaçam às seguintes exigências essenciais:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incêndio;
- Higiene, saúde e protecção do ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.

A Directiva dos Produtos de Construção prevê um conjunto de instrumentos para a sua implementação, com destaque para:

- As especificações técnicas harmonizadas: Normas Europeias harmonizadas ou Aprovações Técnicas Europeias;
- Os Organismos Notificados e os Organismos de Aprovação;
- Os sistemas de avaliação da conformidade;
- A marcação CE nos produtos.

São de referir algumas especificidades que distinguem a DPC de outras Directivas da Nova Abordagem. Esta directiva cobre um universo muito maior e mais complexo de produtos, abrangendo praticamente todos os produtos de construção, define as exigências essenciais das obras e não dos produtos de construção, prevê a demonstração da aptidão ao uso dos produtos por referência a especificações técnicas harmonizadas e estabelece a figura da Aprovação Técnica Europeia (ATE) como uma das especificações técnicas em que se baseia a marcação CE dos produtos da construção, prevendo a existência de períodos de transição diferenciados para as diversas especificações técnicas. [20]

2.1.4.2. Marcação CE em sistemas de pré-esforço.

A marcação CE, no caso de componentes de pré-esforço, ao abrigo da *ETAG13-Guideline for European Technical Approval of Post Tensioning Kits for Prestressing*, a Marcação CE deve estar em conformidade com a DPC e o documento de orientação "D" (guia sobre *CEmarking*), devendo conter a seguinte informação:

- A nota de entrega, associada aos componentes do sistema de pós-tensionamento, deverá conter a conformidade da marcação CE que é constituído pelo símbolo CE;
- O nome ou marca do fabricante do kit;
- Os dois últimos dígitos do ano em que foi afixada a marcação;
- O número do Certificado de Conformidade;

- O número da ETA (European Technical Approval) ou ATE, para sistemas de pré-esforço;
- A categoria de uso;
- O número do Organização certificadora.

Todas as outras informações devem ser claramente separadas da marcação CE e da respectiva informação.

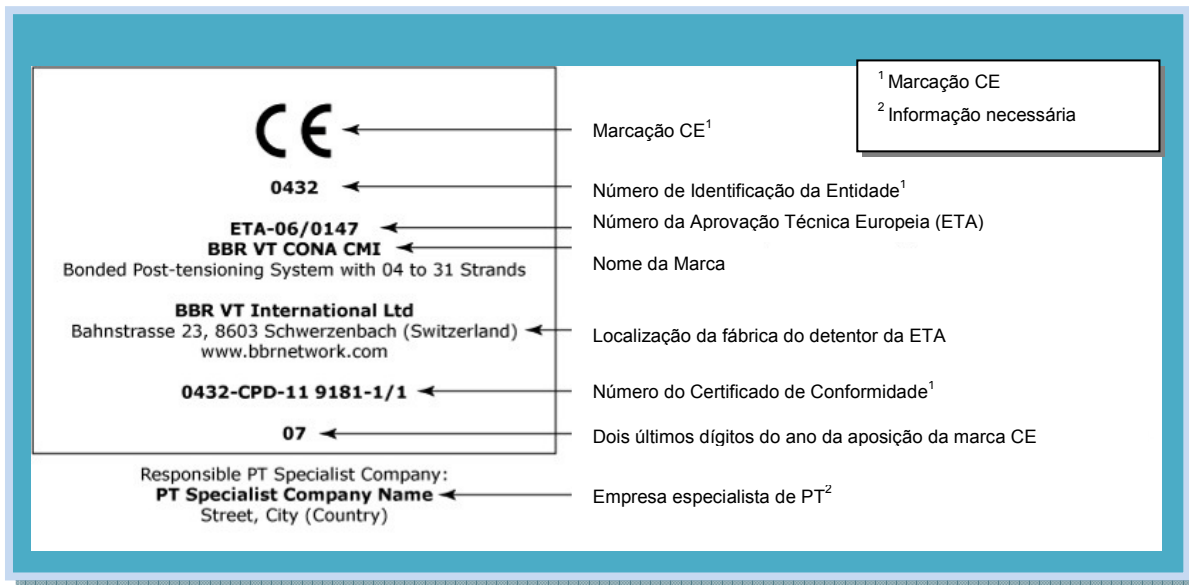


Fig.2.10 – Exemplo de marcação CE em Kits de sistemas de Pós-Tensionamento (PT)

2.1.5. AS NORMAS ISO

A Organização Mundial de Normalização, é a maior responsável pelo desenvolvimento mundial de padronização/normalização voluntária internacional para empresas, governo e sociedade em geral, popularmente conhecida como ISO que actualmente congrega representantes de 176 países, cuja principal função é a de promover a normalização de produtos e serviços, para que a qualidade dos mesmos seja permanentemente melhorada.

A ISO foi fundada em 23 de Fevereiro de 1947, em Genebra, na Suíça, e actualmente aprova normas internacionais em todos os campos técnicos, excepto na electricidade e electrónica, cuja responsabilidade é da *International Electrotechnical Commission* (IEC), fundada em 1906.

No seu portfólio, datado de Outubro 2009, contava já com mais de 18 000 normas que prevêem práticas de soluções para quase todos os sectores da economia e da tecnologia com aplicação em ramos tão distintos como a agricultura, a construção, a engenharia mecânica, a medicina, ou mesmo as tecnologias de informação. [21]

Muitas empresas podem implementar sistemas de normalização para o seu benefício, tanto externo como interno, sem procurar a certificação. A decisão de ter ou não sistemas de gestão certificados por um auditor independente é uma das necessidades de mercado, quer por obrigatoriedade por parte do cliente quer por ser um requerimento implícito a um regulamento da organização da área da actividade. No entanto, milhares de empresas que optam pela certificação fazem-no pelo facto de entenderem que a certificação por uma empresa imparcial e independente de conformidade, agrega valor e torna-se uma maior valia num mercado concorrencial.

A normalização garante características desejáveis aos produtos e serviços tais como qualidade, segurança, ambiente, confiança, eficiência e de permutabilidade - e a um custo mais económico [22].

A série ISO 9000 descreve os princípios de um sistema de gestão da qualidade, define a terminologia, as políticas de qualidade e os procedimentos que devem ser seguidos para a obtenção da qualidade pretendida, é um conjunto de cinco normas que podem ser divididas em directrizes (ISO 9000 e ISO 9004) e normas contratuais (ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003). Destaca-se a:

- **ISO 9000:** “Sistemas de gestão da qualidade - Princípios essenciais e vocabulário”. A norma ISO 9000 descreve os princípios de um sistema de gestão da qualidade e define a terminologia;
- **ISO 9001:** “Sistemas de gestão da qualidade - Exigências”. A norma ISO 9001 descreve as exigências relativas a um sistema de gestão da qualidade para uma utilização quer interna, quer com fins contratuais ou de certificação; Trata-se assim de um conjunto de obrigações que a empresa deve seguir.

A ISO 9001 é uma norma internacional que estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de uma organização incidindo sobre aspectos de documentação, política de qualidade e responsabilidades da direcção desta, processos de produção e metodologias de avaliação de resultados e incremento do desempenho.

Segundo a ISO survey 2008, até Dezembro de 2008 foram emitidos pelo menos 982832 certificados ISO 9001, incluindo os certificados ISO 9001:2000 e ISO 9001:2008 que veio substituir o anterior.

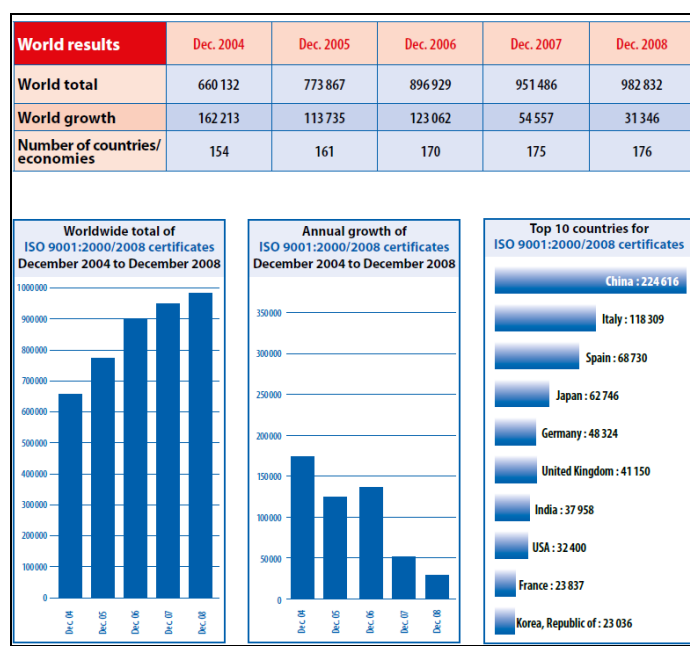


Fig.2.11 - Evolução da emissão de certificados ISO9001 de 2000 a 2008, de acordo com a ISO survey [retirado de [21]]

Todos os requisitos da ISO 9000 são genéricos e destinam-se a serem aplicáveis a todas as organizações independentemente do tipo, tamanho e produto fornecidos. Acresce que uma organização certificada não é sinónimo de superior qualidade de bens ou serviços. Cabe ao cliente definir as especificações desejadas, de acordo com as suas próprias necessidades e expectativas para o produto.

O conjunto das cinco normas da série ISO 9000 baseia-se em oito princípios para o melhoramento do desempenho do sistema de gestão da qualidade: [4]

- Concentração no cliente;
- Liderança;
- Envolvimento das pessoas;
- Abordagem por processos;
- Abordagem sistémica da gestão;
- Melhoria contínua;
- Decisões baseadas em evidências;
- Relações de benefício mútuo com os fornecedores.

Destes oito princípios destaca-se a abordagem por processos.

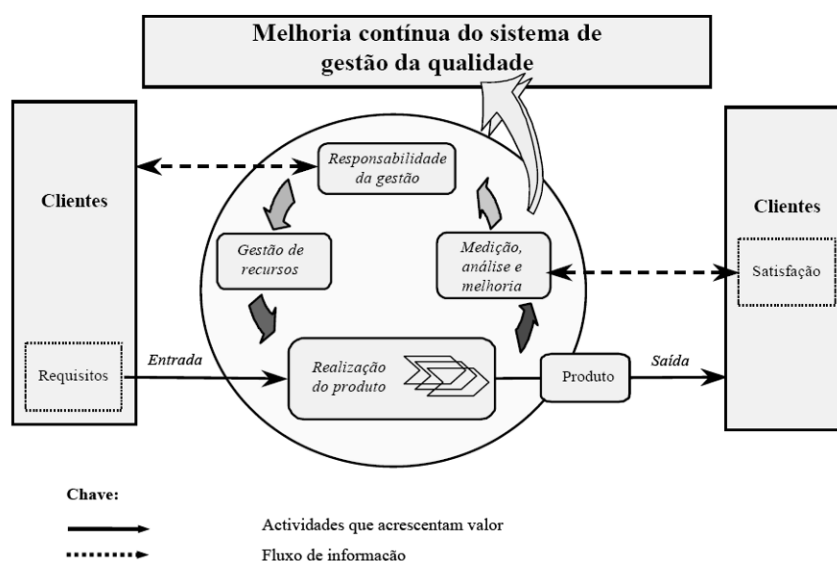


Fig. 2.12- Modelo de um sistema de gestão da qualidade baseado em processos [retirado de [23]].

A adopção de uma abordagem por processos, quando se desenvolve e melhora a eficácia de um sistema de gestão da qualidade, permite aumentar a satisfação do cliente ao ir ao encontro dos seus requisitos.

Para que uma actividade funcione de forma eficaz, tem que determinar e gerir numerosas actividades interligadas. Uma actividade ou conjunto de actividades, utilizando recursos e gerida de forma a permitir a transformação de **entradas** em **saídas** pode ser considerada como um processo. Frequentemente a **saída** de um processo constitui directamente a **entrada** do seguinte.

A aplicação de um sistema de processos numa organização, juntamente com a identificação e as interacções destes processos e a sua gestão para produzir o resultado desejado, pode ser referida como sendo a “abordagem por processos”.

Uma vantagem da abordagem por processos é o controlo passo-a-passo que proporciona sobre a interligação dos processos individuais dentro do sistema de processos, bem como sobre a sua combinação e interacção. [23]

Numa abordagem por processos procura-se a eficiência de toda a actividade produtiva, englobando as interacções entre as diversas actividades individuais. A eficiência de uma actividade isolada apenas faz

sentido na perspectiva da eficiência global. O Cliente faz parte do ciclo de produção e deve ser envolvido desde o seu início. [4]

As ISO 9001 e ISO 9004, como normas de sistemas de gestão da qualidade foram concebidas para se complementarem uma à outra, mas podem ser também utilizadas de forma independente. Enquanto a ISO 9001 especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade e está focada na eficácia do sistema de gestão, a ISO 9004 fornece directivas para as acções a desenvolver pela empresa, vocacionadas para o incremento do desempenho e produtividade.

A fiscalização através do controlo de conformidade na indústria da construção, desempenha a função fundamental e de extrema importância na implementação do SGQ. Estabelece directrizes para a implementação de acções de controlo de processos, concorre para as acções correctivas de eliminação das causas de não-conformidades sejam elas reais ou latentes, bem como contribui para identificação de oportunidades de melhorias nos processos, assegurando ainda a comparação final

Em termos de ferramentas necessárias para colocar em prática um SGQ destacam-se as seguintes: [23]

- **Plano da Qualidade** – documento que explica como a empresa pretende aplicar as políticas de qualidade que estabeleceu e define os objectivos e os modos de os atingir;
- **Manual da Qualidade** – documento que define a estrutura e estratégia de implementação do SGQ definido para cumprir o Plano da Qualidade;
- **Procedimentos** – documentos que descrevem como determinadas actividades ou processos devem ser executados. Para além da indicação dos *inputs* e *outputs* deverá incluir uma descrição dos objectivos a atingir, responsáveis, recursos humanos e materiais associados e documentação a preencher;
- **Não conformidades** – identificação de execução de actividades ou processos não correspondendo ao especificado no SGQ;
- **Auditorias** – avaliação periódica dos elementos e modo de utilização do SGQ com o intuito de verificar a satisfação dos requisitos definidos no Plano da Qualidade e no Manual de Qualidade.

2.1.6. A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.1.6.1. A Realidade Nacional

A indústria da construção em Portugal sempre foi apontada como um motor da economia e gerador de emprego, mas a actual crise económica afecta a produção, emprego e confiança, para um sector que contribui, directa e indirectamente, para 18% do PIB.

Provavelmente o sector terá perdido 10% do seu emprego, o que equivale a uma perda superior a 50 mil empregos. Este sector tinha um peso no Valor Acrescentado Bruto (VAB) que chegou aos 7% e agora está com -4%.

“Mas é preciso ter em conta que isto não está só relacionado com a actual crise económica mundial, que chegou só em 2007. Esta crise em Portugal já vem desde 2002 porque a crise portuguesa é muito mais estrutural do que conjuntural. Mas nessa altura coincidiu com o início de uma política de travagem do investimento público para cortar na despesa pública. A partir daí dá-se uma quebra anual e sistemática da produção do sector, que coincidiu com um ajustamento do mercado na construção de habitação, em que a procura caiu face à oferta. E a habitação representa 45% do mercado da construção.” [24]

O relatório de conjuntura de Abril de 2007 do gabinete de estudos do sector da construção da Associação Empresarial de Portugal (AEP) refere que “segundo as Estatísticas das Empresas do INE,

em 2004 o sector da Construção tinha cerca de 113 mil empresas (com um volume de negócios médio por empresa de 275 mil euros), maioritariamente de pequena dimensão e regionalmente concentradas no Norte (27,3% das empresas e 32,2% do emprego) e Centro do país (31% das empresas e 24,9% do emprego), embora a região de Lisboa contasse com um quarto das empresas e também um pouco acima de um quarto do emprego neste sector. Por outro lado, trata-se de um sector bastante sensível a variações do ciclo económico. Esta é, aliás, uma das razões apontadas para a evolução negativa a que o sector tem estado sujeito nos últimos anos, passando o respectivo output a evidenciar, desde 2002, quebras sucessivas, assistindo-se a uma queda especialmente acentuada do VAB.” [25]

Portugal entra em 2010 com 68 mil desempregados oriundos do sector da construção. Se mais números não estivessem disponíveis, este falaria por si só. Durante o ano 2009, o número de pessoas que se inscreveu num centro de emprego e que tinha o seu último trabalho no sector da construção subiu 67,1% face ao ano anterior. E assim se começa a definir o impacto social da crise no sector da construção em Portugal.

Mas há, de facto, mais números. Em Novembro de 2009, as quebras no número de licenciamentos para a construção de edifícios de habitação ultrapassavam já os 40%, acumulados desde o início do ano, segunda dados compilados pela Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas (FEPICOP). O segmento habitacional torna-se naquele que mais expressa sinais da crise económica, reflectindo todos os sentimentos de incerteza e instabilidade que se vivem à escala nacional. Ainda assim, à medida que os meses passavam, os piores efeitos da crise começavam a atenuar-se e o sector foi mostrando, aqui e ali, pequenos sinais de vontade de recuperar. Não para índices positivos, mas para índices negativos mais ligeiros.

O ano 2009 termina com o indicador de confiança do sector negativo em 7,3%. Apesar de negativo, o índice traduz um pessimismo menor do que aquele registado no primeiro trimestre do ano, em que chegou aos 15,7% negativos. O segundo semestre trouxe um registo um pouco mais confiante na recuperação, ainda que apenas em potencial, mas a este fenómeno não terão sido indiferentes os três actos eleitorais realizados em 2009. Geralmente associadas a um acréscimo de despesa pública de investimento, as eleições têm impacto mais relevante no segmento de obras de engenharia civil e 2009 confirmou essa regra, com destaque para as vias de comunicação e as obras de urbanização. Ao invés, os últimos meses do ano sofrem o efeito nefasto pós-eleitoral, com fortes quebras no lançamento de concursos e nas adjudicações. Ainda assim, só nos dois primeiros meses de 2009, o valor global dos contratos públicos celebrados, onde se inserem as obras de engenharia civil, chegou a ultrapassar o dobro do valor contratado no período homólogo de 2008 e, no pico do Verão, atingiu o seu ponto máximo. [26]

Ainda o Jornal de Negócios a 12 de Abril de 2010, veio actualizar valores referindo que “*A produção na construção registou uma variação homóloga negativa de 8,2%, taxa inferior em 1,0 pontos percentuais à verificada no período concluído em Janeiro, avança o Instituto Nacional de Estatística (INE). Segundo a mesma fonte, ambos os segmentos apresentaram variações homólogas mais negativas que as observadas em Janeiro.*

A Construção de Edifícios registou uma variação homóloga de -11,2% (-9,6% em Janeiro) contribuindo com -5,6 p.p. para a variação total. O segmento das Obras de Engenharia Civil, apresentou uma variação de -5,2%, (-4,7% em Janeiro), tendo contribuído com os restantes -2,6 p.p. para a variação do índice agregado. O emprego e as remunerações diminuíram 7,6% e 4,0%, respectivamente, em relação ao mesmo mês do ano anterior, acrescenta o comunicado.”

2.1.6.2. O Conceito de Qualidade na Construção.

É nesta conjectura que a indústria da construção e os seus profissionais vivem o seu quotidiano, correndo o risco do sector vir a perder Know-how e ficar desactualizado, com prejuízo acrescido para a dificuldade de imposição do factor da qualidade, que em Portugal é já de si caracterizado por um intrínseco deficit.

A gestão da qualidade no sector da indústria da construção tem vindo a sobreviver sobretudo através de políticas de competitividade das empresas de construção, mas principalmente devido a medidas preventivas e do controlo de conformidade levado a cabo pela também cada vez mais sensibilizadora Engenharia de Serviços.

O objectivo do conceito da qualidade que tem vindo a ser adoptado, seguindo as directrizes das normas orientadoras, deve ser entendido como a satisfação ampla das necessidades e expectativas dos clientes, ou seja a política da qualidade deve ser coerente com as metas organizacionais do fornecedor e as expectativas e necessidades dos seus clientes.

De facto a transformação que o sector tem vindo a sofrer, fomentou o aumento das exigências dos clientes no que diz respeito à qualidade. O sucesso da indústria residia na orientação e conjugação de forma sustentável de 3 factores: qualidade, prazo e custo.

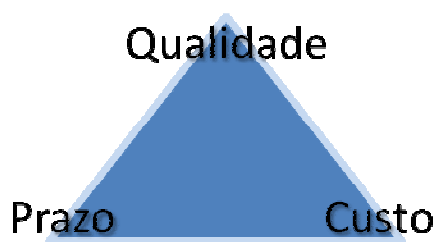


Fig.2.13 – Parâmetros de controlo no sector da construção [4]

Este gráfico é conhecido como "triângulo da gestão de projecto", ou "triângulo de restrições ou constrangimentos" onde cada vértice representa uma variável. Cada parâmetro do triângulo não pode sofrer alterações sem que isso se repercute em qualquer de um dos restantes dois.

A restrição do tempo influencia o prazo até o término do projecto. A restrição de custo informa o valor monetário incluído no orçamento disponível para o projecto. Já a restrição do âmbito/qualidade designa o que deve ser feito para se obter o resultado previsto na sua concepção.

A relação entre o cliente e a indústria de construção civil surge como um “diferencial” que as empresas do sector devem aproveitar para garantir vantagem competitiva face ao mercado concorrencial”. [27]

A satisfação do cliente não é uma escolha mas sim uma questão de sobrevivência das empresas no mercado. Um cliente satisfeito procurará novamente os serviços da empresa e também os recomendará a outras pessoas. Além disso, é muito mais difícil conseguir um novo cliente do que manter um já habitual.

A figura 2.14 destaca os parâmetros que deveriam constituir o fio de orientação do sector da construção civil, voltado para a satisfação do cliente.



Fig.2.14 – Proposta de parâmetros orientadores do sector da construção

A dificuldade das empresas, associadas ao sector da construção em implementar um programa da qualidade e assim obter a alavancagem da satisfação do cliente, reside numa série de obstáculos que nem sempre são fáceis de contornar. A solução passa por estar consciente deles de forma a preparar antecipadamente a sua ultrapassagem. Isto consegue-se mudando a cultura da empresa para aprender a trabalhar de forma sistemática e superar a mentalidade "vamos construído e vamos vendo" e "só é errado se formos apanhados". É fundamental envolver todos os colaboradores da empresa (a qualidade é responsabilidade de todos), treinar gestores de projecto em gestão da qualidade, levar os clientes a reconhecer a importância de qualidade, para além de segurança, dos prazos e o do menor orçamento. Por fim, alcançar uma maior responsabilidade na gestão dos contratos, sejam eles públicos ou particulares.

Mesmo as empresas de construção que se encontram certificadas ao abrigo das normas ISO 9000 revelam dificuldades na sua aplicação e na transposição adequada das soluções de projecto para a sua execução em obra, mostrando que todo o processo de certificação e a obtenção de uma marca da qualidade é encarado como uma ostentação e não como o objectivo principal que é a satisfação dos requisitos do cliente.

Esta situação é ainda mais grave, se atendermos a que as normas ISO 9000 não têm aplicação específica para a construção, na medida em que os seus requisitos são genéricos e aplicáveis a todas as actividades.

A falta de qualidade manifesta-se, negativamente na construção, não apenas no que se refere a defeitos subjacentes ao produto final, mas em derrapagens de orçamento, incumprimento dos prazos e falhas acrescidas na segurança. Em Portugal, na sociedade em geral, conformou-se a ideia de que a falta de qualidade é característica inerente ao tipo de indústria, pelo que é recebido com uma certa naturalidade.

2.1.6.3. A falta de qualidade e as suas consequências.

Infelizmente, a falta de ponderação sobre a qualidade na construção tornou-se numa característica endémica desta actividade. A prevenção da escassez de qualidade quase nunca recebe a devida atenção, especialmente na fase de concepção do projecto, o que tem como resultado o aparecimento de falhas e avarias.

Estas falhas sentem-se logo desde o início da fase de construção resultando em custos exorbitantes de trabalhos de rectificação/reconstrução que, segundo alguns autores, chegam a atingir 12,4% do custo total da obra. [28]

As razões normalmente apontadas para as falhas na execução são: [29]

- Falta de formação da mão-de-obra;
- Múltiplos intervenientes no processo construtivo;
- Variedade do processo tecnológico, equipamentos e materiais;
- Falta de coordenação entre as fases de concepção e execução;
- Condições associadas ao local de trabalho;
- Condições atmosféricas.

Em França foi realizado um relatório pelo Bureau Securitas, através da análise estatística de 10.000 exames efectuados entre 1968 e 1978 a avarias de edificios após a declaração destes às companhias de seguros. Embora possa parecer desactualizado é interessante, identifica com precisão alguns dos problemas que se perpetuam na elaboração de projectos, com aplicabilidade actual.

Concretamente este relatório demonstra através de gráficos a distribuição das avarias em percentagem quer relativamente à sua quantificação como também aos custos de reparação. Apresentam-se a seguir os indicadores de maior relevo, resultantes desse estudo explanado em forma de gráfico.

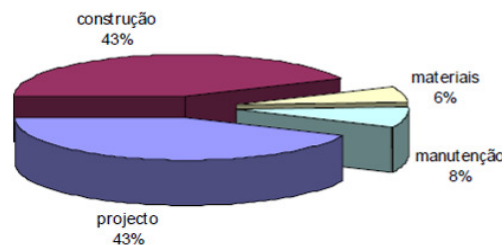


Fig.2.15 – Deficiências associadas ao custo de reparação [adaptado de [30]]

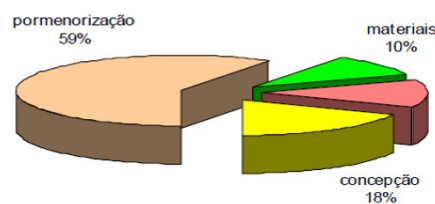


Fig.2.16 – Falhas em projecto por custo de reparação [adaptado de [30]]

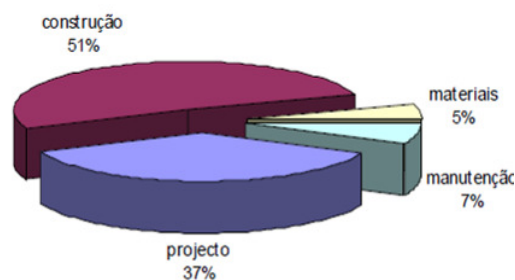


Fig.2.17 – Frequência de ocorrência das falhas [adaptado de [30]]

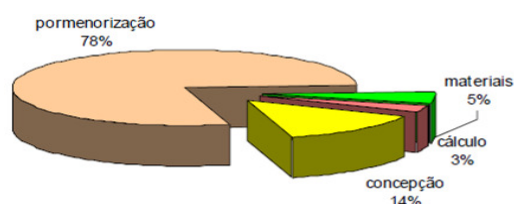


Fig.2.18 – Frequência de ocorrência das falhas em projecto [adaptado de [30]]

Actualmente é do conhecimento dos agentes da indústria da construção que as principais causas de falhas nos edifícios são as caracterizadas por deficiências a nível do projecto nomeadamente no detalhe, na construção, manutenção, uso de materiais incompatíveis e considerações inadequadas sobre factores externos. O projecto reparte a par da construção, a maior responsabilidade pelas avarias e defeitos na construção. A pormenorização é frequentemente realizada entre a fase de projecto e a construção e elaborados à base de desenhos tipo. Normalmente os pormenores são também definidos pelo construtor e aprovados pelo projectista e as respectivas alterações têm grande ênfase no processo de concepção levando muita das vezes à descontextualização do projecto original. [31]

“Sucintamente e de uma análise mais abrangente e quantitativa [28] concluiu-se que as alterações na fase de concepção, as modificações na fase de construção e os erros de projecto contribuem, em aproximadamente 92% para a totalidade do que é necessário reconstruir, influenciando drasticamente a qualidade da obra. As causas da reconstrução são influenciadas por alguns aspectos abaixo citados, resumidos a partir dos casos de estudo investigados por aqueles autores, e que contribuem para a falta de qualidade na construção:

- *Falta de qualidade dos documentos de projecto devido a:*
 - *Não consideração das solicitações de clientes e utilizadores;*
 - *Falta de coordenação e verificação da documentação do projecto;*
 - *Ausência de controlo das alterações;*
 - *Não obrigação no cumprimento de um serviço com qualidade;*
 - *Produção incorrecta e incompleta de desenhos e especificações;*
- *Gestão ineficiente da obra devido a documentação/informação pouco específica, e/ou incompleta;*
- *Uso de processos construtivos inadequados;*
- *Fraca comunicação de decisões, resultante da natureza sequencial da cadeia de fornecimentos;*
- *Alterações feitas ao projecto, resultando na rectificação do mesmo e consequentemente dos honorários dos consultores;*
- *Falta de competências técnicas, como negligência ou falta de conhecimento;*
- *Falta de coordenação e integração entre os membros da equipa projectista, complicando o fluxo de informação entre os mesmos;*
- *Tempo improdutivo, resultante da demora na transmissão da informação, como esclarecimentos ao adjudicatário devido a discrepâncias na documentação contratual ou alterações solicitadas pelos clientes, rectificação de erros e de componentes danificados, limpezas, etc;*
- *Pressão relativamente ao cumprimento de prazos e orçamentos;*
- *Falta de implementação de um sistema de qualidade do projecto por parte dos gestores de projecto;*
- *Dificuldade em medir a qualidade na fase de concepção do projecto devido ao facto do projectista não ser o único/último a avaliar a qualidade do produto.” [32]*

A problemática em torno da fiscalização e da qualidade da construção em geral assume actualmente um papel preponderante na sociedade civil. É com frequência que nos deparamos com a crescente falta de qualidade, através de deficiências, e os custos daqui resultantes para a nossa economia são dramáticos. Estes custos e deficiências poderiam ser reduzidos significativamente se a indústria aceitasse o conceito de garantia que tem sido utilizado com grande sucesso por muitos outros sectores da economia da qualidade.

Vários estudos de casos e iniciativas têm conseguido sucesso na introdução da garantia da qualidade na indústria da construção civil em pequena escala, mas como um todo, têm sido quase sempre

ignoradas. A indústria da construção civil tem características únicas e peculiares e, portanto, a aplicação da garantia da qualidade exige uma abordagem que satisfaz especificamente as necessidades desta.

2.1.6.4. Factores de melhoria da qualidade da construção em Portugal

Para as empresas ligadas à indústria de construção, perante a conjuntura actual de crise que ameaça gravemente o sector, a internacionalização e a diversificação do negócio surgem como soluções. O instrumento diferenciador deve focalizar-se na satisfação das exigências dos clientes assumindo como um dos mecanismos a certificação, tendo como benefícios de uma eventual reorganização interna a diminuição de desperdícios e custos associados a falhas e práticas não conformes e para a detecção de erros e consequente maior garantia da qualidade, podendo esta funcionar como acesso a novos mercados e potenciais clientes, funcionando como um cartão de apresentação, reconhecido nacional e internacionalmente.

Portugal tem uma grande tradição na área da engenharia e não está de forma nenhuma em situação de subalternização, face a outros países. Provavelmente temos um dos melhores laboratórios de investigação da Europa. É importante salientar que a fiscalização através da sua integração no SNQ poderá ser um factor contributivo para o aumento da qualidade na construção e ser condição decisiva para a mudança de hábitos, costumes e mentalidades. Para além disso acresce que a actividade da fiscalização deverá iniciar-se nas primeiras etapas do processo, antes de se iniciar a execução da obra, e ser abrangente a todo o tipo e dimensão de obras.

Infelizmente o único documento padrão de qualidade, que está disponível actualmente para a indústria da construção é o que resulta do sistema de qualidade "ISO 9000" cujas linhas orientadoras são genéricas e de difícil aplicabilidade. Acresce que este sistema continua a ser ignorado pela maioria dos intervenientes no sector em Portugal. A garantia da qualidade e a sua aplicabilidade associada à construção, para ser eficaz deve ser simplificada, ser "*user-friendly*", não excessivamente onerosa e voltada para o público-alvo. Além disso, deve encontrar o justo equilíbrio entre o custo efectivo adicional e o valor acrescentado das melhorias e valências que resulta da sua aplicação.

2.2. O CONTROLO DE CONFORMIDADE

Independentemente do controlo de conformidade do pré-esforço de aerogeradores ser uma competência interna da empresa executante, o instalador fornecedor geral tem a incumbência, mediante determinados procedimentos específicos de garantia da qualidade inerentes à actividade, que mais à frente serão alvo de escrutínio e objecto desta dissertação, de assegurar a qualidade do produto fornecido e logo também do pré-esforço aplicado nas torres eólicas. Sentiu-se na obrigação de abordar o tema da fiscalização/controlo de conformidade de uma forma abrangente, focando aspectos comuns à actividade, seja ela interna ou externa a determinado processo, relevando a sua evolução ao longo do tempo, bem como correlacionando-a com o suporte legal que lhe está subjacente.

2.2.1. A ENGENHARIA DE SERVIÇOS

Em Portugal o sector dos serviços é actualmente responsável por mais de 60% da produção e emprego, a par das restantes economias da Europa Ocidental.

A sociedade actual encontra-se em permanente e contínua mudança, sendo cada vez mais imprevisível. As transformações políticas e económicas estão a promover a abertura a novas áreas de mercados e o encerramento de outras. As sociedades estão a evoluir e a sua organização está em mutação, levando ao aceleração de novas tendências de consumo e ao abandono de outras. As expectativas também se alteram e os clientes estão cada vez mais exigentes e heterogéneos.

A óptica dos serviços, nomeadamente a Engenharia de Serviços resulta na resposta a muitos desses desafios, estando estes prestadores destes serviços obrigados a inventar-se, a desenvolver e fornecer nova e melhores ofertas de serviço, incluindo o desenvolvimento simultâneo de implementação de novas e melhores tecnologias de prestação de serviços.

A capacidade de lançar novos serviços com sucesso, apoiar novos produtos com novos serviços, adaptar novos serviços a novos requisitos, ou aplicar velhos conceitos a novos domínios e finalmente, a evolução de competências de novo alcance na gestão da inovação de serviços tornou-se crucial para as novas empresas prestadoras de serviços. [33]

De uma forma geral o sector de serviços desenvolve e implementa sistemas que ajudam as empresas, governos e outras organizações a melhorar o que fazem e a inovar. A difusão da tecnologia tem alterado profundamente este sector. Os intervenientes podem actualmente interagir com as empresas e outras organizações, através de diversas formas de tecnologia de telecomunicações. Este ambiente cria novos desafios aos prestadores de serviços e produz mudanças na economia e na sociedade em geral.

O mundo ocidental está a evoluir no sentido de uma sociedade baseada no conhecimento. Os engenheiros de serviços terão de saber como conceber, projectar, implementar e operar os novos processos de prestação de serviços, combinando tecnologias adequadas, a adequadas experiências pessoais, agregando valor num ambiente competitivo. [34]

A prestação de serviços envolve inter-relação de pessoas e o controlo de processos e tecnologias e exige competências nos domínios multidisciplinares das áreas tecnológicas, sociais e humanas para o seu desenvolvimento e gestão. [35].

A actividade da fiscalização em adaptação às novas exigências de mercado, deve ser enquadrada na perspectiva da Engenharia de Serviços. É importante nesta fase promover a adequada definição de serviços, para a qual se contribui com as seguintes ideias:

- Serviço é a actividade económica desenvolvida por determinada entidade para outra; utiliza geralmente performances baseadas no tempo para obter os resultados desejados em módulos próprios, objectos ou activos para os quais o destinatário tem responsabilidades; Em troca de pagamento monetário, tempo e dedicação, os clientes esperam obter valor a partir do acesso a bens, trabalho, qualificação profissional, instalações, redes e sistemas, mas normalmente não tomam posse de qualquer elemento físico envolvido; [36]
- O serviço é um tempo perecível de experiência intangível realizado para um cliente agindo no papel de um co-produtor; [37]
- O Serviço é a aplicação de competências (conhecimentos e habilidades), através de actos, processos e performances para o benefício de outra entidade ou da própria entidade; [38]
- Serviço também pode ser visto como uma acção, um desempenho, um esforço, ou os serviços são actos de valor, co-produção, promessas e relacionamentos através de um trabalho de partilha, informações sobre os riscos, recursos, decisões, responsabilidade e autoridade [39].

A qualidade do serviço pode ser descrita em termos de sete critérios: [40]

- O profissionalismo e habilidades;
- Atitudes e comportamentos;

- A acessibilidade e flexibilidade;
- Confiança e fidedignidade;
- A cobrança de serviços;
- Horizonte do serviço;
- Credibilidade e reputação.

Em concreto, a Engenharia de Serviços é o conjunto de actividades e tarefas voltadas para a consultoria e a assessoria, em processos e serviços empresariais, com o propósito de otimizar a relação entre a entidade que encomenda o serviço (adjudicante), a entidade a quem se destina (destinatário), e quem executa o serviço (adjudicatário) [3]. É o campo de aplicação dos princípios da engenharia ao planeamento e gestão operacional aos processos de produção. Os gestores de engenharia de serviços geralmente têm formação em contabilidade, engenharia económica, gestão financeira, engenharias de especialidades, gestão de recursos humanos, sistemas de informação, modelação matemática, controlo de qualidade, pesquisa operacional, segurança e saúde e gestão de programas ambientais. O termo é usado para descrever uma forma especializada de gestão que é necessária para conduzir com êxito a engenharia de pessoas e projectos e pode ser usado para descrever a gestão funcional ou do projecto de gestão, que leva os profissionais técnicos que estão a trabalhar nas áreas de desenvolvimento de produto, fabricação, construção, engenharia de design, engenharia industrial, tecnologia, produção, ou em qualquer outro campo e que emprega funcionários que realizam uma função de engenharia. [41]

De certa forma pode-se definir a Engenharia de Serviços como a aplicação da ciência, da gestão e da engenharia através de tarefas que executa determinada organização em benefício de uma outra. Envolve um prestador e um cliente em sistemas complexos em determinado regime específico de tomada de decisões, com envolvimento de pessoas e tecnologias com o objectivo de proporcionem valor.

É neste paradigma que deve assentar a actividade da fiscalização e o controlo de conformidade.

2.2.2. ENQUADRAMENTO E EVOLUÇÃO RECENTE DA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS.

Esta actividade sempre foi associada à área da construção civil, sendo a sua actividade em Portugal introduzida ao longo da história, por responsabilidade da necessidade de controlo por parte das entidades públicas, nomeadamente entidades de gestão municipal e camarárias, organismos rodoviários, ferroviários e ou portuários. Esta função era vulgarmente desempenhada por “fiscais de obra”, que eram pessoas com experiência nas diferentes áreas e raramente era exercida por alguém com formação técnica na área, como por exemplo o Engenheiro Civil.

A principal tarefa deste fiscal era a de “policiamento” e vigilância da execução das obras, sendo muitas vezes visto como elemento e entidade prejudicial e de entrave ao andamento das obras. Muito deste estigma perdura ainda nos dias de hoje, em muitas áreas do sector.

A actividade da construção em Portugal conheceu na década de 90 um forte impulsionamento motivado pelos fundos comunitários europeus, tendo conduzido à execução de grandes projectos, entre eles a rede de auto-estradas, as novas pontes sobre os rios Douro e Tejo e a EXPO 98.

Adicionalmente, a descida das taxas de juro possibilitaram uma conjuntura de grande desenvolvimento na construção de obras particulares, nomeadamente na área da habitação e construção de edifícios.

Esta situação e a complexidade tecnológica que caracteriza a evolução na construção, potenciou o surgimento de novos serviços de controlo, mais abrangentes, substituindo a forma de actuação de

policimento pela gestão. Mais recentemente, e à medida que cresce a preocupação da certificação de qualidade do sector, surge a necessidade de controlo de conformidade da actividade da construção civil, caracterizado pela acção de verificação da conformidade dos pré requisitos patenteados em projecto com o efectivamente executado em obra.

Esta nova conjuntura fomentou a necessidade dos donos de obra, públicos e privados, procurarem fora das suas estruturas, empresas com capacidade na gestão técnica de sistemas produtivos ou construtivos com valências de controlo, mas acima de tudo, com domínio dos processos tecnológicos multidisciplinares.

As empresas que proporcionam este tipo de serviços, desenvolveram-se, entendendo que não servia apenas satisfazer as necessidades e expectativas dos seus clientes e utilizadores, mas numa base concorrencial superá-las, tendo como instrumento o processo de melhoria contínua da qualidade, no respeito integral das normas, suportado por meios humanos capazes e motivados e, meios materiais e procedimentos consistentes, em colaboração estreita com todos os intervenientes, concretamente com o próprio cliente.

As metodologias de optimização numa prestação de serviços deste género, actualmente, expressam-se na subdivisão da prestação em áreas prestativas ou funcionais, que se destinam a enquadrar e a clarificar a relações entre entidades. Assim sendo, temos como áreas prestativas, a área da prestação, cuja função é definir o articulado do serviço, a das responsabilidades, que atribui procedimentos e verifica o clausulado, a da economia, que controla pagamentos, a da informação, que define a forma e autenticação do registo e a de prazos referente à calendarização da prestação. Cada uma das citadas áreas define-se por meio de procedimentos, que é a lista de todos os passos necessários à execução de determinada tarefa e de condicionalismos que diz respeito a prazos, limites e custos de execução de uma tarefa. A prestação de serviços por áreas pode ser esquematizada com o recurso a fluxogramas de procedimentos, organogramas de intervenientes e mapas de controlo. [3]

2.2.3. OS INTERVENIENTES NO PROCESSO CONSTRUTIVO.

Na actividade de prestação de serviços existem essencialmente duas entidades envolvidas. O prestador, que é a própria fiscalização e o destinatário, que é o dono de obra, pois é este quem encomenda o serviço.

Para além das relações contratuais entre o prestador e o adjudicatário numa prestação de serviços, nomeadamente na concepção e execução de determinado empreendimento surgem para além destas duas entidades, outras cuja função multidisciplinar técnica e/ou administrativa é indispensável para a prossecução dos objectivos finais. São elas os projectistas, os empreiteiros e as entidades licenciadoras.

A Fiscalização de uma obra, tem de promover a inter-relação, a coordenação e a articulação de informação entre todos os intervenientes, revelando assim um papel preponderante, central a todo o processo, com a exigência de se cumprirem os compromissos contratuais propostos para o empreendimento, quer em termos de segurança, prazo e custos, mas acima de tudo de qualidade.



Fig.2.19 - Intervenientes no processo de construção [adaptado de [3]]

O facto de intervirem no mesmo empreendimento vários intervenientes e entidades tais como projectistas, empreiteiros, fornecedores, entidades licenciadoras e fiscalização, torna todo o processo construtivo muito mais complexo. A multiplicidade de entidades, que devido à orgânica da actividade, exercem diversas missões específicas concorrem entre si e geram muitas vezes situações de incompatibilidade e de conflito.

Portanto, a relação entre todos os intervenientes no empreendimento deve ser evidente, consciente, sem omissões e sem antagonismos e é fundamental a criação de sinergias de organização e orientação para os objectivos a desenvolver, de modo a que todas as dificuldades sejam ultrapassadas com formulação de soluções por antecipação.

A Fiscalização, incisivamente, terá de manifestar uma atitude preventiva de auxílio ao construtor, procurando otimizar soluções, promovendo e facilitando a comunicação entre todos os intervenientes e evitando assim uma atitude de puro policiamento não colaborativo. Independentemente de defender os interesses do Dono de Obra, deve limitar esta defesa ao plano técnico, não se subjugando aos interesses de qualquer das partes, exercendo a sua actividade no respeito pelos mais elementares princípios de conduta profissional de forma independente, isenta e em total observância do enquadramento legal aplicável, promovendo o espírito de equipa e realizando com excelência todas as acções de controlo de conformidade com vista à promoção da qualidade da obra.

2.2.4. ENQUADRAMENTO TÉCNICO

Na indústria da construção, o conceito de Fiscalização de Obras tem vindo a sofrer uma evolução ao longo do tempo. Existe actualmente uma nova mentalidade que leva à mudança na forma de actuação desta, passando os antigos procedimentos de “policiamento” caracterizados pela detecção e rectificação de não-conformidades, a serem substituídos por uma atitude de prevenção, gestão, orientação e coordenação de todo o processo construtivo.

Os grandes projectos implicam um esforço acrescido de coordenação, planeamento e organização de meios e recursos, pelo que força a necessidade de introdução de uma entidade intermediária gestora.

A intervenção da Fiscalização, actualmente e contrariamente ao senso comum, cuja percepção é de vigia a tempo inteiro, deverá rondar apenas os 15 % do seu tempo de intervenção no acto de “vigia” ou de acompanhamento dos trabalhos, sendo ele por amostragem ou programado. Normalmente esta actividade de acompanhamento de acto primário está destinada aos fiscais de frente, estando a restante estrutura da fiscalização envolvida em processos de conformidade e administrativos, desde os actos simples de controlo de fornecedores, verificação de marcas e certificações da qualidade dos materiais (tarefa que também poderá ser exercida pelos fiscais de frente), aos actos compostos de gestão dos

inputs de projecto, dos prazos, tempos e garantia de concepção, em perfeita consonância com o preconizado.

Existem autores [3], que face à evolução de conceitos e mecanismos tendentes a uma abordagem de melhoria da qualidade, defendem a substituição do termo “Fiscalização de Obras” por “Gestão Técnica do Empreendimento” (GTE).

Esta nova abordagem de gestão cuja função é a melhoria da eficiência e qualidade e a eliminação de entropias no sistema de execução de um empreendimento, propõe o alargamento da intervenção desde a fase final do projecto, contribuindo para antecipadamente detectar erros através da revisão do projecto, erros, garantindo vantagens a nível técnico, de controlo de custos e de qualidade. Inclui também para além do acompanhamento da fase de execução da obra, o apoio ao Dono de Obra na selecção do empreiteiro e a interligação com as entidades licenciadores (na fase preliminar de licenciamento durante a conclusão do projecto) e o prolongamento da intervenção para após a conclusão e encerramento das tarefas na fase de garantia, dando auxílio ao Dono da Obra no contacto e resposta às reclamações do cliente mas também como salvaguarda relativamente à fase de garantia.

2.3. A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS

Durante a fase de execução, na sua intervenção através de diligências em estreita colaboração com o empreiteiro, promovendo a execução de acordo com o previsto em projecto, a fiscalização deve procurar antecipadamente eliminar erros, na pesquisa de respostas a dúvidas e na promoção do adequado estudo das soluções concretas a adoptar. Independentemente de cada construção ser diferente, existem factores que são comuns. Uma das ferramentas que a fiscalização deverá recorrer são as “check list” ou “punch-list” (lista de falhas frequentes LFF para controlo de obra), pois funcionam como organizadores e auxiliares de memória.

Estas listas nunca devem favorecer marcas ou produtos por interesse comercial e emitir pareceres ou opiniões que não sejam absolutamente fundamentadas, ou então devem fazê-las acompanhar das respectivas ressalvas. [3]

O seguinte esquema reflecte a intervenção da Gestão técnica do empreendimento ao longo do processo construtivo de um empreendimento, onde se evidencia a ampliação da intervenção da GTE anteriores e posteriores à execução.



Fig.2.20 – A intervenção da Gestão Técnica do Empreendimento (GTE) [adaptado de [3]]

É então desejável que os serviços de fiscalização sejam contratados com início na revisão de projecto, reforçando o carácter preventivo da mesma e conduzindo a uma menor manifestação de erros, com origem no projecto, durante a execução. De acordo com o seguinte gráfico, a base da pirâmide e início

do processo exige um maior esforço de verificação da conformidade (eliminação de erros, omissões, incoerências, etc) enquanto, no topo da pirâmide a recepção deve funcionar como uma formalização, em vez de uma confirmação.



Fig.2.21 – Actuação preventiva da Fiscalização [adaptado de [3]]

A prestação de serviços de fiscalização de uma empreitada de construção divide-se nas seguintes áreas funcionais (AF).

- Conformidade - procura garantir que a execução da obra é idêntica ao previsto em projecto; □
- Economia - trata das questões relacionadas com custos e facturação;
- Planeamento - trata de questões relacionadas com prazos;
- Informação/Projecto - condução e registo de toda a informação;
- Licenciamento/Contrato - condução, registo e implementação de actos administrativos;
- Segurança - motivar a implementação do plano de segurança;
- Qualidade - implementar mecanismos de garantia da qualidade.

Apesar da subdivisão, existem interdependências entre todas as áreas, sendo o factor qualidade transversal a todas elas.

Por exemplo a AF conformidade é um dos métodos da garantia da qualidade enquanto a AF informação está directamente relacionada com todas as outras, conforme se pode verificar no seguinte gráfico:



Fig.2.22 – Áreas Funcionais da Fiscalização [adaptado de [3]]

Então, para cada AF, temos as seguintes funções:

- **Verificação de conformidade:**

- Implementar mecanismos destinados a "garantir" a igualdade (conformidade) entre o projecto e a obra. Garantir que a totalidade do projecto foi executada;
- Revisão de projecto;
- Execução de rotinas de inspecção através de mapas de equipas produtivas e fichas de controlo de conformidade;
- Efectuação de reuniões de preparação de obra com o empreiteiro projectista e dono de obra;
- Realização de ensaios de desempenho;

- **Controlo Económico:**

- Controlo orçamental;
- Medição de trabalhos com rigor;
- Realização de autorização escritas para todas as alterações;
- Contra-corrente da obra (Inicial, trabalhos a mais, Trabalhos a menos, Revisão de Preços);
- Previsão de custo final da obra;
- Elaboração da conta final de cada empreitada exigindo de cada empreiteiro a respectiva assinatura;

- **Planeamento dos trabalhos:**

- Controlo de prazos – registos e avanços na frente de obra;
- Registo de pareceres para o Dono de Obra;
- Avaliação e aprovação do plano de trabalhos dos empreiteiros;
- Aprovação de um pagamento global do empreiteiro;
- Realização de balizamentos periódicos do planeamento;
- Controlo de desvios e acções de recuperação de atrasos, modificação de ritmos de execução, etc.;
- Antecipação na resolução de problemas de atrasos – atribuição de multas;

- **Gestão de informação**

- Controlo das versões actualizadas das peças escritas e desenhadas;
- Verificação das frentes de obra;
- Realização de actas das reuniões de coordenação;
- Análise da correspondência emitida e recebida;
- Registo e gestão das não conformidades;
- Gestão de assuntos;

- **Licenciamento e contrato:**

- Verificação do cumprimento dos actos de contratação;
- Confirmação do cumprimento dos actos do licenciamento;
- Comprovação dos actos legais da empreitada;

- **Segurança/Ambiente:**

- Verificação da contratação de segurança;
- Acompanhamento da implementação de segurança e de controlo ambiental;

- **Controlo de qualidade:**

- Aprovação prévia dos subempreiteiros;
- Aprovação prévia de materiais com definição de amostras padrão;
- Discussão prévia de processos de construção de tarefas mais críticas;

- Comparação da conformidade de materiais, componentes e da execução de trabalhos com o projecto de execução;
- Coordenação da realização dos ensaios previstos nas Condições Técnicas;
- Verificação da conformidade dos equipamentos fornecidos com especificações técnicas de projecto – validação com ensaios.

2.4. EQUIPAS DE FISCALIZAÇÃO

Para a competente contratação e padronização de uma equipa de fiscalização ou GTE por parte de um Dono de Obra e consequente organização das suas equipas, torna-se necessário proceder ao levantamento das necessidades reais do empreendimento relativamente ao custo global, aos prazos e ao ritmo de execução, bem como à complexidade e disciplinas que estão subjacentes aos trabalhos. Esta aferição permite estabelecer uma relação entre os tipos de fiscalização e as categorias das obras, de acordo com o esquema representado no seguinte quadro.



Fig. 2.23 - Organização da Fiscalização em função do tipo de obra [adaptado de [3]]

2.4.1. CONTROLO DE CONFORMIDADE

O controlo de conformidade, na observância da lógica do SNQ, é uma ferramenta essencial para que num sistema produtivo seja assegurado o cumprimento da estrita relação entre os elementos prévios, por exemplo o projectado e os componentes terminais ou produto final.

Numa organização complexa, a forma de se assegurarem resultados positivos, consegue-se estruturando e decompondo o objectivo final para qual contribuem grandes sub-objectivos e processos, simplificando o sistema e facilitando a definição da metodologia de intervenção.

A elaboração de fluxogramas ou cadeias de fluxo de um sistema produtivo contribui para que se identifiquem as tarefas nucleares, procedimentos e actividades da organização, os pontos de início (*inputs*) e de fim (*outputs*) dos processos e o próprio processo de controlo do sistema produtivo.

Nesta cadeia a definição de “*input*” e “*output*” é de fulcral importância no processo de controlo de conformidade. O seguinte esquema pretende indicar a ordem e a posição dos aspectos mais relevantes, num processo de controlo de um sistema produtivo.

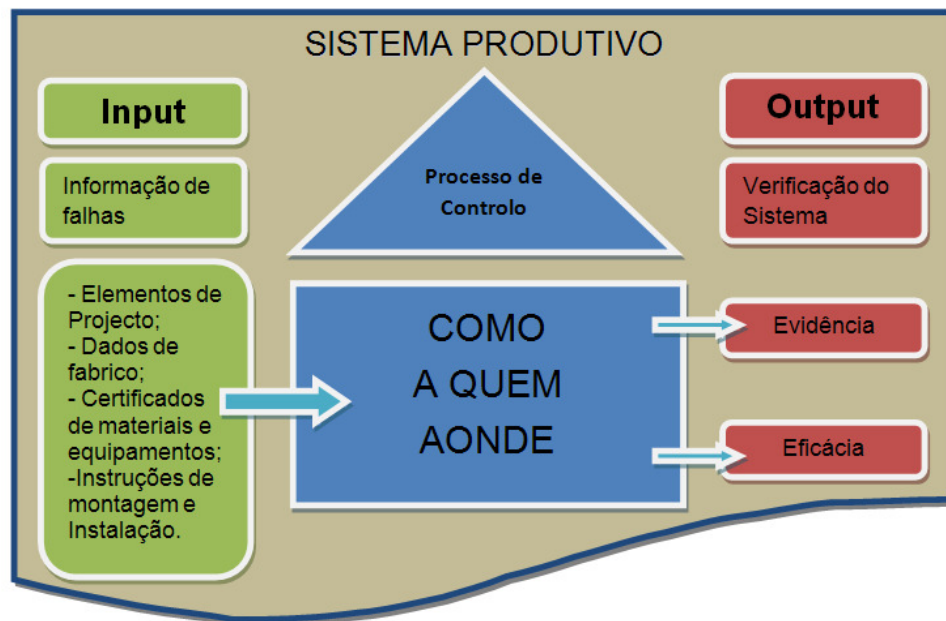


Fig.2.24 – Processo de controlo de um sistema produtivo [Adaptado de [42]]

O processo de controlo deve incidir sobre como deve ser feito esse procedimento, a quem se destina, que técnicos e operários envolve e onde deve ser realizado, que tarefas são passíveis de controlo, para que no seu conjunto permitam a conformidade do processo para determinada fase de produção e possibilitem a passagem desta para a fase seguinte.

A organização pelo controlo de conformidade deve determinar a monitorização e a medição a serem efectuadas ao equipamento de monitorização e de medição necessários para proporcionar evidência da conformidade do produto com os requisitos pré-determinados.

O conhecimento das falhas comuns e frequentes que permanecem no sistema, em determinadas fases da produção, representam aspectos críticos e de probabilidade de acontecimento real, e é nesta

situação nas (tarefas nucleares), que se caracteriza a incidência e maior esforço de controlo de conformidade do processo. As fases, actividades ou tarefas não prioritárias ou de aspecto secundário deverão ser controladas aleatoriamente.

Neste sistema, os “*outpus*” são evidência do trabalho realizado e a eficácia do sistema, onde a eficácia é o controlo de não-conformidades, a relação entre as fases ou operações controladas e as não conformidades não controladas. Os “*inputs*” são os elementos de projecto – peças desenhadas, obra, dados de fabrico, certificados, dados da instalação – instruções de montagem e o conhecimento transversal das inerentes falhas frequentes.

A eficácia dos procedimentos pode ser avaliada com base na quantidade de defeitos ocorridos durante um determinado período de tempo e a redução futura de defeitos. Os procedimentos podem ser verificados em termos financeiros com base em consultas com o departamento de contabilidade, fornecedores e inventários periódicos. As auditorias internas anuais avaliam a satisfação dos clientes e determinam a necessidade de melhoria dos procedimentos.

A cadeia de fluxo aplicada à indústria da construção tem a agravante do sistema, ao contrário do indústria tradicional, ser de fluxo descontínuo. Isto é, existem tarefas que aguardam questões tecnológicas e outras que aguardam a persecução de outras tarefas, sem que haja relação directa entre elas ou um encadeamento lógico, e com intervenientes distintos e multidisciplinares.

A cadeia de fluxo que se apresenta a seguir, indica as fases de produção de um qualquer sistema produtivo, permitindo alguma analogia com os sistemas de instalação de pré-esforço pós-tensionamento. As operações representadas por setas e a sua descontinuidade por barras verticais, não são discriminadas por se entender não ser relevante nesta fase, tendo como objectivo esta representação definir as regras e etapas possíveis e formular hipóteses de controlo de conformidade de um sistema deste género.

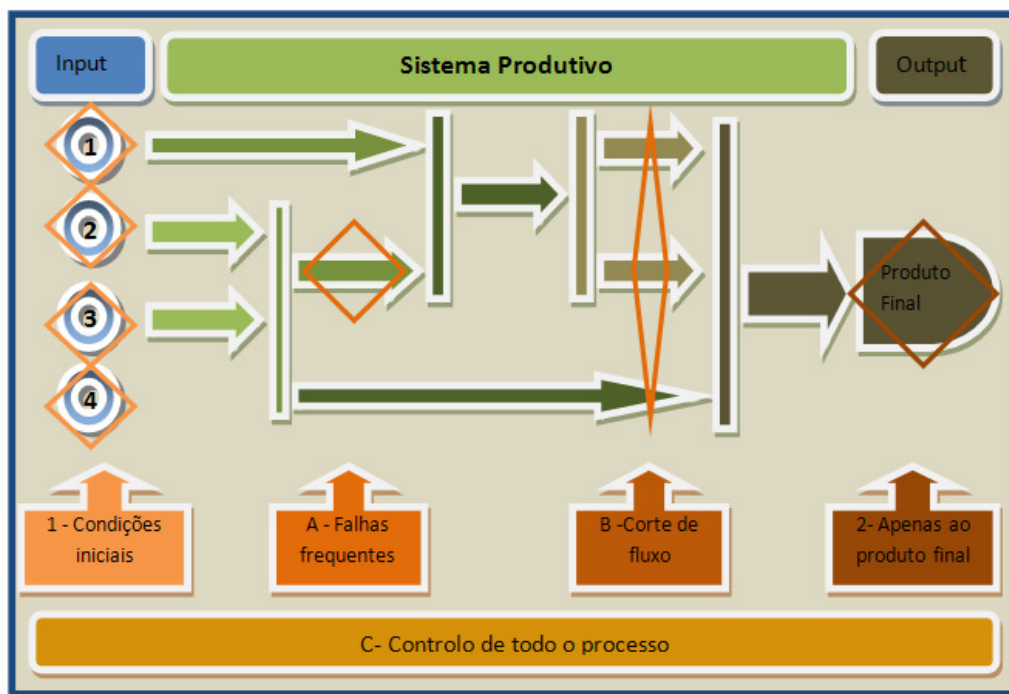


Fig.2.25- Cadeia de fluxo de sistemas produtivos e momentos de controlo de conformidade.

Na estrutura deste sistema produtivo, seja de fluxo contínuo ou, como é o caso da indústria da construção, de fluxo descontínuo o desenvolvimento do contrato ao longo do tempo, materializa-se através da triangulação, dos “inputs”, do processo e dos “outputs”. Assim o controlo de conformidade pode realizar-se através de 3 momentos distintos, o primeiro na fase de recepção de materiais componentes e equipamentos, o segundo durante o processo tecnológico de execução ou produção e o terceiro no final da obra, ao nível do desempenho do produto final.

Este último momento não deve representar por si só um único momento de actuação de controlo, mas sim servir como confirmação da evidência e eficácia do sistema de controlo anterior a montante, caso contrário, representa a contraproductente actuação da fiscalização, que procede de forma correctiva e não preventivamente, como deveria ser. A forma de actuação que implica a correcção do já realizado, para além de por vezes ser impossível reparar ou desfazer a custos comportáveis, implica para além das implicações financeiras, derrapagens consideráveis nos prazos.

Dos 3 principais momentos de controlo no sistema produtivo defrontamo-nos com diferentes hipóteses de lógica de controlo propriamente dita.

Considerando que existe um pleno conhecimento da lista de falhas frequentes (LFF) e tomando por hipótese que se identifica que, em todo o processo, existe apenas uma tarefa responsável pela maioria das não-conformidades do sistema, o exclusivo controlo desta tarefa poderá representar 95% de cobertura da totalidade das falhas do sistema. Dentro da mesma perspectiva, se ao longo de todo o processo se identificarem as tarefas nucleares potenciadoras da ocorrência de falhas frequentes pode-se incidir sobre elas o controlo, com uma taxa de cobertura reduzida, sendo o esforço de verificação concentrado na cobertura das actividades críticas, identificando-se os principais problemas na cadeia de fluxo e diminuindo assim a probabilidade de falha. - Lógica A.

A lógica B corresponde ao corte de fluxo em determinada fase do processo e o controlo de todas as tarefas nessa fase. Pode representar um controlo mais apertado, mas não impede a ocorrência de falhas a montante, levando a que se proceda correctivamente.

Outra forma de actuação e a que exige maior esforço, é a de controlo de todo o processo – lógica C -, sistema muito usado por exemplo na indústria automóvel.

No processo construtivo deverá haver uma valorização da cadeia de fluxo com os diferentes níveis de risco, promovendo a intervenção de controlo para cada fase de acordo com a exigência de cada nível, devendo para o efeito proceder-se à realização de uma ficha por incidência, que inclua os registos necessários para proporcionar a evidência de que os processos de realização e o produto resultante vão de encontro aos requisitos exigidos.

As Fichas de Controlo de Conformidade (FCC), são o suporte físico deste processo de controlo e inspecção e visam, de forma resumida, verificar os seguintes objectivos:

- Guiar e estruturar o trabalho da equipa de fiscalização no exercício da sua actividade;
- Combater as falhas de verificação por esquecimento ou desleixo (auxiliar de memória);
- Contribuir para a credibilização da fiscalização no processo produtivo;
- Promover a qualidade da obra;
- Servir como base de dados para a identificação das falhas mais frequentes.

2.4.2. AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONTROLO INTERNO E EXTERNO

Na indústria da construção é imperativo aumentar a transparência e rigor na gestão e controlo dos processos produtivos/construtivos por uma entidade competente e idónea, papel este que é exercido,

normalmente pela fiscalização. A esta entidade deseja-se que seja autónoma ao processo e aos restantes intervenientes, vulgarmente os Donos de Obra, recomendam-se que procedam à contratação de empresas externas com características independentes e capazes de prestar este tipo de serviço.

A fiscalização externa tem a vantagem de iniciar o processo em independência plena, estreitamente vinculado à cooperação com o cliente ou Dono de Obra. A Fiscalização externa resulta da necessidade de um melhor controlo da gestão do processo construtivo, partindo da premissa de que a autonomia e independência dos processos controlados, garantirá maior isenção que a fiscalização interna à entidade construtora ou por entidades desta dependentes.

Em contrapartida, a Fiscalização interna tem como vantagem, ser conhecedora do processo construtivo, dominado bem o objecto alvo do controlo de conformidade, e diminuindo o esforço acrescido que é exigido à entidade externa, que se vê muitas vezes dispersa e enrolada no processo por não dominar como seria exigível o sistema produtivo deixando-se levar pela liderança da entidade executora em vez de ser ela a pautar os ritmos necessários à produção.

No controlo interno, quando não existe confiança por parte do cliente o controlo torna-se naturalmente controverso. As empresas que apresentem um controlo interno em que existe uma convivência entre departamentos de execução e fiscalização, demonstram preocupações acrescidas a nível da qualidade, como resultado da eventual consanguinidade destes departamentos, promovendo promiscuidade em relação ao controlo de tarefas, de trabalhadores ou técnicos a outros dentro da mesma empresa.

Quando os procedimentos são claros, competentes, idóneos, internamente independentes e apresentam total confiança do cliente, o sistema produtivo tem todas as vantagens em valer-se de um controlo interno. Exemplarmente, e em benefício do sistema produtivo e da qualidade do produto final, deveriam coexistir ambas as entidades em estreita cooperação conjunta.

2.4.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

Desde 1973 que vigora o Decreto-Lei n.º 73/73 de 28 de Fevereiro. Devido à evolução dos últimos 30 anos da indústria de construção e aos novos modelos de gestão e organização, este foi revogado e substituído pela Lei n.º 31/2009 de 3 de Julho, tendo em vista a clarificação da qualificação profissional exigível aos técnicos responsáveis pela elaboração e coordenação de projectos, pela coordenação da fiscalização, pela coordenação da segurança e pela direcção de obras de empreendimentos de construção civil e obras públicas.

Em torno de grande polémica, foi também aprovada a portaria 1379/2009 de 30 de Outubro que regulamenta as qualificações específicas mínimas adequadas às actividades definidas genericamente na Lei 31/2009 de 3 de Julho. Esta portaria surge na sequência da não celebração dos protocolos dentro do prazo estipulado na referida lei pelos organismos e associações profissionais interessadas, estando à data da elaboração desta dissertação a decorrer diversas petições para a sua anulação e revisão.

Relevância tem também o Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro e a respectiva declaração de rectificação n.º 18-A/2008, de 28 de Março que corrige o primeiro por este ter saído com inexactidões. Este decreto aprova o Código dos Contratos Públicos (CCP) e estabelece a disciplina aplicável à contratação pública e o regime substantivo dos contratos públicos que revistam a natureza de contrato administrativo.

O Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de Janeiro vem conformar em particular no que diz respeito à fiscalização, a relação contratual com os principais intervenientes, do modo de execução do contrato, clarificação do mecanismo de representação das partes e o reforço dos poderes do director de

fiscalização da obra (antigo «fiscal da obra»), mas não contempla ainda um enquadramento da fiscalização de obras numa lógica de gestão técnica do empreendimento.

Numa perspectiva de conformidade organizacional de estaleiros temporários ou móveis e de prescrições mínimas de segurança e saúde e do seu planeamento e coordenação, o Decreto-Lei nº 273/03 de 29/10/2003, define o perfil de técnicos coordenadores especializados na área da segurança e saúde e refere as regras gerais orientadoras da sua actuação, surgindo assim uma entidade paralela podendo esta estar enquadrada na estrutura da Fiscalização ou não, dependendo da nomeação por parte do Dono de Obra. A criação desta nova entidade não exonera a responsabilidade da fiscalização de verificar e analisar atentamente as formas de organização do estaleiro e respectiva documentação associada, reportando a estes técnicos especializados, situações de inconformidade.

2.4.4. GARANTIAS E RESPONSABILIDADES DA FISCALIZAÇÃO

Até à entrada em vigor do Decreto-Lei nº 18/08 de 29 de Janeiro (CCP), e ao abrigo do Decreto-Lei nº 59/99, o período de garantia das obras públicas era de cinco anos. Com a entrada em vigor do CCP com esta alteração verificou-se uma reformulação substancial do regime de garantias, através do artº 397º, que se reproduz abaixo:

“1 – Na data da assinatura do auto de recepção provisória inicia-se o prazo de garantia, durante o qual o empreiteiro está obrigado a corrigir todos os defeitos da obra.

2 – O prazo de garantia varia de acordo com o defeito da obra, nos seguintes termos:

- a) 10 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais;*
- b) 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas;*
- c) 2 anos, no caso de defeitos relativos a equipamentos”*

As relações contratuais entre os principais intervenientes para salvaguarda das posições dos interessados no processo de garantia entre a recepção provisória e definitiva devem estar perfeitamente definidas.

A responsabilidade da fiscalização como instrumento de gestão, é a de coordenação das várias acções integradas no processo construtivo e a implementação de metodologias que promovam a garantia da qualidade entre o projecto e a obra. No entanto esta não poderá ser responsabilizada pela falta de qualidade. É o empreiteiro que tem que responder pela garantia da obra e, no que à execução dos trabalhos diz respeito, abonar que as suas metodologias construtivas correspondem à exigência de qualidade presente em projecto e que toda a acção verificada pela fiscalização será executada de igual forma na ausência da mesma em locais distintos aos inspeccionados.

Salvaguarda-se que o, “caso o projecto contenha soluções com as quais o empreiteiro não concorde e que ainda assim o projectista entenda manter, o empreiteiro deve excluir essas soluções da garantia de obra para desta forma se inibir de responsabilidades” [3]

A fiscalização deve controlar as conformidades e os processos de execução e garantir que as frentes verificadas serão sempre executadas de igual forma, de acordo com o estipulado contratualmente. A fiscalização deve utilizar procedimentos de verificação aleatórios que permitam o controlo das frentes de trabalho, mesmo na ausência desta em locais distintos dos inspeccionados. Infelizmente não é possível verificar nem comprovar a qualidade de toda a acção construtiva e analisar todos os pormenores da obra, pois neste caso, seria necessário um agente da fiscalização em todas as frentes de trabalho, o que é economicamente inviável. Resta a relação de colaboração com o empreiteiro. As

sinergias criadas e a garantia de execução de acordo com as indicações da fiscalização de forma semelhante aos trabalhos inspeccionados e com base em incidências identificadas previamente, (analisando-se as actividades que apresentam falhas mais frequentes e garantindo-se a sua presença aquando da realização destas) constituem um procedimento com retorno garantido.

Também não poderão ser exigidas à fiscalização capacidades judiciais, isto é, não poderão ser atribuídas responsabilidades à fiscalização quando exista actividade dolosa por parte da entidade executante. Neste caso seria necessária recriar toda a estrutura da forma como actua a fiscalização, cobrindo uma nova área de intervenção de averiguação e aqui sim de policiamento o que seria na realidade impraticável.

2.4.5. SEGUROS

Deverá constituir uma preocupação das empresas e profissionais do sector, face à diversidade de riscos que a execução de qualquer empreendimento acarreta, a contratualização de seguros apropriados e orientados especificamente para o sector da construção.

A ausência de legislação adequada, aliada ao desconhecimento por parte dos profissionais do sector, dificulta a escolha de uma apólice de seguros que realmente constitua uma maior valia para o empreendimento.

A fiscalização tem como obrigação certificar-se da contratualização dos seguros obrigatórios e que sejam apresentados os comprovativos válidos das apólices de seguro exigidos pelo dono de obra. Dentro destes poderão encontrar-se os seguintes:

- Seguro de construção e pós-construção;
- Seguro decenal de danos;
- Seguro de quantias antecipadas.

Os seguros obrigatórios são:

- Seguro de Acidente de Trabalho;
- Seguro de Responsabilidade Civil – Para autores de projectos industriais da construção civil, para obras particulares e para empreitadas de obras Públicas;

3

OS AEROGERADORES

3.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS

3.1.1. A CRISE ENERGÉTICA

Com a urgência da ameaça do aquecimento global tornou-se uma prioridade a corrida à redução da emissão dos gases com efeito de estufa. Esta condição despoletou naturalmente a atenção para as energias renováveis dos países membros da Agencia Internacional da Energia (AIE) e das economias emergentes. O objectivo é criar um mix energético sustentável suportado por uma forte indústria de energia renovável. Os países estão a reconhecer cada vez mais o papel potencial das energias renováveis dentro de uma carteira de produção energética, baixas emissões de carbono e tecnologias de energia a custos competitivos capazes de responder aos desafios emergentes das alterações climáticas com maior impacto, através da segurança energética e facilidade de acesso à energia. [43]

A actual situação de oferta e utilização de energia é claramente, economicamente, ambientalmente e socialmente insustentável. Sem uma acção decisiva, as emissões de CO₂ relacionadas com a energia irão mais do que duplicar até 2050 e o aumento da procura de petróleo irá intensificar as preocupações com a segurança do aprovisionamento.

Para que ocorram mudanças radicais nas políticas energéticas, deverá haver uma revolução energética de fundo e as tecnologias de baixas emissões de carbono terão que ter um papel crucial a desempenhar, para a mudança de caminho. A eficiência energética, os vários tipos de energias renováveis, a captura e armazenamento de carbono, a energia nuclear e as novas tecnologias de transporte são factores que exigem uma implementação generalizada, para se alcançar o objectivo das metas de redução das emissões do gás de efeito estufa (GEE). Todos os principais países e sectores da economia têm de estar envolvidos. A tarefa é também urgente, se queremos ter a certeza de que as decisões de investimento tomadas a curto prazo não irão dotar-nos de tecnologias ineficientes a longo prazo. [43]

Actualmente Portugal encontra-se com uma grave dependência energética, num cenário em que a chamada economia do carbono, o petróleo e o gás natural, tende a ser abandonada devido ao seu esgotamento mas também devido às ameaças climáticas. Esta situação despoletou uma corrida à redução das emissões de gases com efeitos de estufa.

Durante a última década, de 1997 a 2007, a dependência energética da EU a 27 continuou a crescer, chegando aos 53,1 % em 2007. A Dinamarca, que se tornou exportadora em 1999, foi o único estado

membro da EU-27 com dependência negativa em 2007 (-25,4%). O Reino Unido, que era o único estado membro exportador em 1997, tornou-se dependente em importação energética que atingia em 2007 uma necessidade de 20,1%. A Polónia tem sentido o maior crescimento global relativamente à dependência energética, de 6,4% em 1997 para 25,5% em 2007. [44]

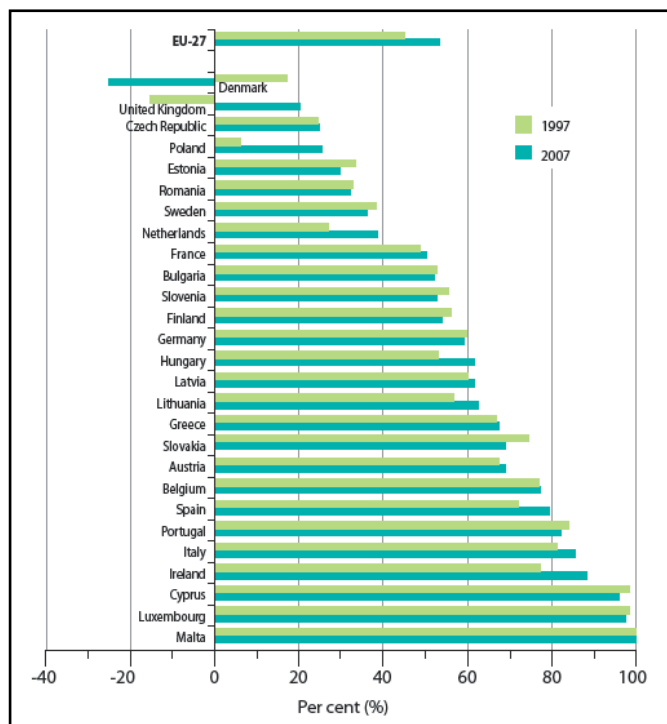


Fig.3.1- Dependência energética Estados Membros da EU a desde 1997 a 2007 [44]

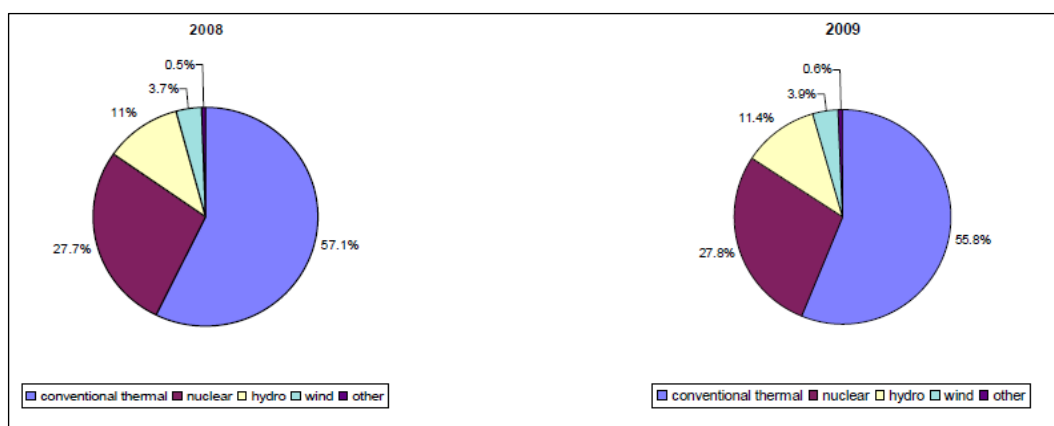


Fig.3.2 - Produção de Energia por fonte – EU-27- fonte [44]

Aquilo a que a União Europeia (EU) se propôs, foi reduzir o efeito das alterações climáticas e estabelecer uma política energética comum, criando metas vinculativas para aumentar a quota das energias renováveis em cada país, estimando-se que em 2020 as energias renováveis representem 20% do consumo de energia final na UE, (este era apenas de 8,5% em 2005).

Para cumprir as metas impostas pela Directiva 2009/28/CE para 2020, cada Estado-Membro deve promover a:

- Redução de 20% no consumo final de energia, através da eficiência energética (base 2005);
- Incorporação de 20% de energia de origem renovável no consumo energético global;
- Redução em 20% da emissão de gases com efeito de estufa (GEE base 2005). [45]

3.1.2. A REALIDADE PORTUGUESA

Embora as energias renováveis sejam parte integral da luta contra as alterações climáticas, são também factor contributivo para o crescimento da criação de emprego, e para o aumento da segurança energética. As metas para as energias renováveis são calculadas em termos de a percentagem de energia renovável no consumo final bruto de energia.

O consumo de energias renováveis compreende a utilização directa das energias renováveis (biocombustíveis, por exemplo) mais a parte de electricidade e de calor que é produzido a partir de energias renováveis (por exemplo, energia eólica, hídrica), enquanto a energia final consumida é a energia que as famílias, indústria, serviços, agricultura e o sector dos transportes utilizam.

O denominador para a quota de renováveis inclui também as perdas na distribuição de electricidade e calor e o consumo desses combustíveis no processo de produção de electricidade e calor. O alvo Português para 2020 é de 31% (2005 = 20,5%).

3.1.2.1. Questões Chave

O que tem sido adoptado em Portugal até agora em relação às energias renováveis, constitui uma abrangente combinação de políticas, aliado a um sistema de monitorização. Portugal entre 1997 e 2004, tem vindo a afastar-se da meta de utilização de energias de fonte renovável. Em parte, isso deve-se ao facto de a meta não ser totalmente realista dado que se baseava, sobretudo em 1997, no desempenho excepcional das hidroeléctricas.

Como consequência, Portugal não deverá atingir o seu objectivo, mesmo que as medidas projectadas sejam bem sucedidas. Em 2006, 74% da produção total de energias renováveis foi a partir de hidroeléctricas. No entanto a primeira estação de produção de energia através das ondas do mar, com capacidade para 4MW está já operacional, tendo sido emitida uma licença para uma estação fotovoltaica com uma produção prevista de 76 GWh por ano.

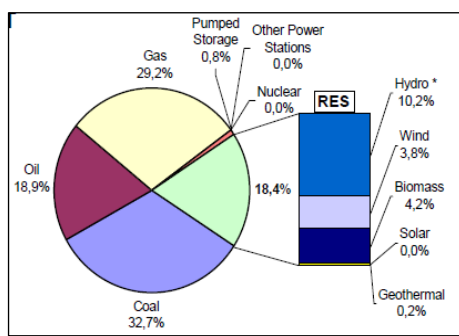


Fig 3.3 – Produção de Energia em Portugal [retirado de [46]]

3.1.2.2. Principais Políticas de Apoio

Em Portugal, foram tomadas medidas para estimular a utilização de energias renováveis: Tarifas fixas por kWh para fotovoltaica, energia das ondas, pequenas hidroelétricas, energia eólica, biomassa florestal, residuais urbanas e de biogás;

- Para a biomassa, a média de tarifas em 2006 foi de € 0,11 / KWh;
- Foram lançados concursos públicos em relação a instalações de vento e biomassa;
- Em 2006, foi lançado um concurso por estações termoelétricas que utilizam a biomassa florestal;
- Investimentos subsidiados que poderiam ir até 40%;
- Disponibilização de benefícios fiscais.

Desde Janeiro de 2006, quando a Directiva 2003/30/CE foi transposta para lei nacional, os seguintes tipos de suporte passaram a estar disponíveis para a produção de biocombustíveis: isenção total ou parcial do imposto até ao quota que é definido anualmente, e isenção total de ISP para os biocombustíveis produzidos em determinados projectos-piloto. Além disso, passou a existir a possibilidade de impor uma quota de biocombustíveis nos combustíveis do transporte, e do estabelecimento de acordos voluntários, sempre que a quota de biocombustíveis em misturas superior a 15% no caso das frotas de transporte público de passageiros. [46]

3.1.3. A ENERGIA EÓLICA

De todas as energias renováveis, a eólica é a que mais atenção tem despertado na opinião pública, pelo menos nos últimos 10/15 anos. Teve uma evolução explosiva. Em 1999 contribuía apenas com 108 GWh, enquanto em 2009 esta contribuição excedeu os 7.000. Passou, de quase inexistente, a ter um peso de 13% no consumo, e até ao final da próxima década esta contribuição continuará a aumentar, devendo ultrapassar 28% afirmando-se assim como a maior de todas as contribuições.

Os parques eólicos, na maioria, são *on-shore*, esperando-se que depois de 2015 já apareçam alguns parques *off-shore*. Para tal é preciso que seja encontrada uma forma económica de “ancorar” os aerogeradores no mar, difícil com as profundidades que a nossa costa tem, e que sejam criadas condições de licenciamento e tarifárias compatíveis.

A contribuição da energia eólica representa para o país uma maior independência energética, a manter-se em 2020 a estrutura das fontes energéticas semelhante à actual, a contribuição da eólica pode representar uma diminuição de 9% na dependência energética nacional, com todas as consequências benéficas que isso aporta para a economia nacional. Representa ainda a criação de um número significativo de empregos e uma redução importante nas emissões de CO₂. [45]

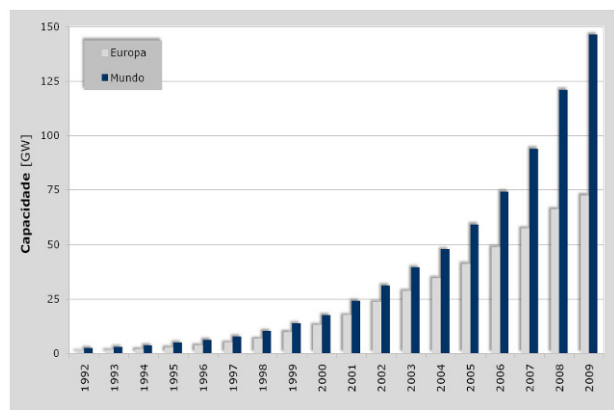


Fig.3.4 - Capacidade de geração de base eólica global e na Europa – Dez 2009 [Fonte [48]]

As principais **vantagens** da Energia Eólica são: É inesgotável; Não emite gases poluentes nem gera resíduos pelo menos directos; Diminui a emissão de gases de efeito de estufa; Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno, como a agricultura e a criação de gado; Criação de emprego; Geração de investimento em zonas desfavorecidas; Benefícios financeiros (proprietários e zonas camarárias); Reduz a elevada dependência energética do exterior, nomeadamente a dependência de combustíveis fósseis; Poupança devido à menor aquisição de direitos de emissão de CO₂ por cumprir as directivas comunitárias e menores penalizações por não cumprir; Possível contribuição de cota de GEE para outros sectores da actividade económica; É uma das fontes mais baratas de energia, podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais.

Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem escassa manutenção, garantindo uma excelente rentabilidade do investimento.

As principais **desvantagens** são: a intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a electricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração; Pode vir a ser futuramente ultrapassado com as pilhas de combustível a hidrogénio ou com a técnica da bombagem hidroelétrica; Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, já que a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem; Impacto sobre as aves do local, principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais; Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB (A)); As habitações mais próximas deverão estar, no mínimo a 500m de distância.

3.1.4. OS AEROGERADORES

Cada um destes equipamentos é constituído por vários elementos designados por rotor, *nacelle*, gerador, torre e equipamento eléctrico.

O rotor das máquinas é constituído no essencial por três pás de fibra de vidro e poliéster, sendo o movimento do rotor transmitido ao gerador, que se encontra ligado ao transformador localizado na parte inferior da torre.

A *nacelle*, instalada no topo da torre, alberga a maior parte dos equipamentos, incluindo o de medição do vento, e confere protecção contra a emissão de ruído.

As torres dos aerogeradores, nomeadamente daqueles a que se refere esta dissertação, são em betão armado pré-fabricado e pré-esforçado nos dois terços inferiores. A parte superior da torre é em aço, com protecção anticorrosiva e pintura final de acabamento com tinta à base de resina epoxídica. Este terço superior é em tudo idêntico às torres metálicas, actualmente em utilização.

A implantação de um Parque Eólico, para além dos aerogeradores implica a instalação no local de outros elementos tais como uma subestação de recepção da energia proveniente dos aerogeradores e cabos subterrâneos de ligação, para transporte da energia eléctrica produzida.

Para as operações de montagem dos aerogeradores e operações de manutenção / reparação de grande dimensão, são projectadas plataformas de trabalho nos locais de implantação dos aerogeradores. Estas plataformas não são mais do que a regularização do terreno numa área de aproximadamente 1100 m². Para a implantação dos aerogeradores é ainda necessário proceder à construção de fundações, bem como à beneficiação de acessos existentes e à construção de novos acessos.

As turbinas eólicas mais frequentemente instaladas em parques eólicos, hoje em dia, têm uma potência de 2 a 3 MW (megawatts) cada uma; ou seja, um aerogerador deste tipo permite responder às necessidades de electricidade de 2000 a 3000 lares.



Fig.3.5 - parque eólico em exploração

A energia produzida por qualquer aerogerador aumenta com a velocidade do vento (até certo limite: em caso de ventos demasiado fortes, o aerogerador pára e orienta as pás paralelamente ao vento para se proteger). Os sítios mais ventosos encontram-se geralmente perto do mar, ou no alto das montanhas, devido ao efeito de aceleração que o relevo tem sobre o vento. Num determinado lugar, a velocidade do vento aumenta normalmente com a altitude, já que o vento longe do solo sofre uma menor fricção com a superfície terrestre, e é por isso que as turbinas são montadas em torres altas. [49]

O vento põe em movimento as pás, que dão entre 10 a 25 voltas por minuto aproximadamente. O gerador contido na *nacelle* transforma a energia mecânica deste movimento de rotação em energia eléctrica. Um controlo automatizado em tempo real permite à *nacelle* girar para estar sempre orientada de forma perpendicular ao vento, e as próprias pás ajustam permanentemente a sua inclinação para maximizar sempre a energia captada.

O gerador circular produzido pelo cluster eólico de Viana do Castelo tem uma importância fulcral no âmbito do conceito sem sistema de engrenagem do aerogerador. Em conjunto com o cubo do rotor, proporciona um fluxo energético quase perfeito. O funcionamento suave dos poucos componentes rotativos garante um desgaste reduzido dos materiais.

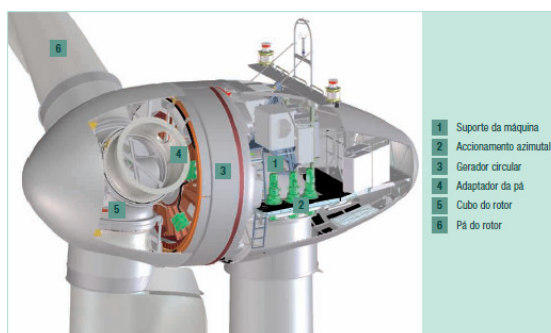


Fig.3.6 – Esquema de um aerogerador do tipo E82 [fonte [50]]

Em concreto, este aerogerador tem uma potência nominal de 2000 KW, com um diâmetro de rotor de 82m. É constituído sem caixa de engrenagens e assegura um reduzido desgaste devido à rotação lenta. É um gerador síncrono sem acoplamento directo à rede. A tensão e a frequência de saída variam de acordo com a velocidade de rotação e são convertidas para serem conduzidas para a rede através de um circuito intermédio de corrente contínua e um ondulador. Deste modo, é atingida uma elevada variabilidade da velocidade de rotação que reduz as cargas produzidas pela máquina.

Apresenta um controlo do ângulo de passo das pás individuais, do tipo a barlavento com controlo activo do ângulo de passo das pás do rotor. A rotação das 3 pás é feita no sentido dos ponteiros do relógio, com uma área varrida de 5.281m². As pás são fabricadas em Epoxy (reforçado com fibra de vidro), com protecção total contra descargas atmosféricas. A velocidade do rotor é variável entre 6 e 19,5 rpm.

A geração é efectuada por gerador em accionamento directo que é por sua vez constituído por um sistema de travagem independente, de controlo do ângulo de passo das pás com alimentação de emergência. Efectua o controlo de orientação do vento por engrenagens, amortecimento dependente do esforço. Este aerogerador desconecta-se, para velocidades de vento superiores a 28 - 34 m/s.

Todos os aerogeradores são controlados e monitorizados remotamente através de um sistema de rede informático.

O novo conceito das pás do rotor define novos padrões em relação ao rendimento, emissões acústicas e minimização de cargas. Com uma geometria alterada, estas novas gerações de pás aproveitam também a parte interior da superfície circular do rotor, aumentando assim consideravelmente o rendimento energético. Para além disso, apresentam uma menor susceptibilidade a turbulências e asseguram um fluxo de ar uniforme ao longo de todo o comprimento do perfil da pá.

Também as pontas das pás (as chamadas tips) foram optimizadas no que diz respeito à emissão acústica e ao rendimento energético. As turbulências que se formam nas pontas das pás, devido à sobrepressão e baixa pressão são conduzidas de forma eficaz para fora do ambiente do rotor. Deste modo, as pás são aproveitadas em todo o seu comprimento sem que se perca energia, devido a turbulências.



Fig.3.7 – Pás de aerogerador de nova geração [50]

4

TÉCNOLOGIA CONSTRUTIVA DE TORRES EÓLICAS EM BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO.

4.1. TORRES DE SEGMENTOS DE BETÃO

A torre do aerogerador, para o modelo actualmente em instalação, tem uma altura total de 82.98m. Inclui 2 secções de aço no topo e 15 secções pré fabricadas de betão armado. As 5 primeiras secções pré fabricadas de betão armado são construídas e transportadas para o local de montagem em metades. A união das juntas dos dois segmentos é realizada *in-situ* com armação e união através de resinas.

As torres em betão pré-fabricadas são concebidas numa técnica de aço de pré-esforço especialmente desenvolvida para o efeito. Cada secção pré fabricada de betão armado tem uma altura de aproximadamente de 3,826m e são montadas no local. Durante a instalação, cada um dos segmentos da torre e a fundação são fixados entre si como unidade inseparável, por meio de armaduras pós-tensão que passam em negativos (bainhas) de revestimento de forma cêntrica através da parede da torre em betão.

A aplicação do pré-esforço é efectuada na zona da cave da torre. A união entre o segmento de aço e o de betão é realizada através de uma falange em forma de L. A falange tem a função de suporte e de transmissão das cargas de 28 pontos de ancoragem (fixas ou passivas). Os restantes 4 pontos de ancoragem localizam-se no topo do segmento prefabricado de betão n.º 12.

Esta torre foi concebida e calculada para a turbina de nova geração cuja altura do “hub” acima do chão tem 84.58m e o rotor de 3 pás tem um diâmetro de 82m. O peso máximo da turbina, incluindo o rotor e pás, ascende a 133,6 t.

Os cordões de pré-esforço são tipo BBV St 1660/1860, com 150 mm² e os elementos de pré-esforço do tipo BBV L7 previamente aprovados, equipados com 6 cordões, de acordo com o cálculo estrutural desta torre. A alocação dos cordões é efectuada radialmente e simétrica.[51]

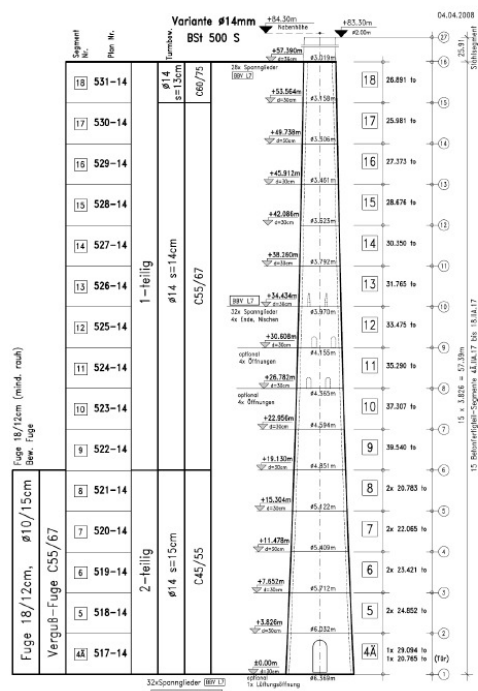


Fig.4.1 – Exemplo esquemático da constituição da torre

4.1.1. PRODUÇÃO DE SEGMENTOS

As secções de betão são produzidas em fábrica, utilizando procedimentos rigorosos de controlo de qualidade e monitorização de todo processo de fabrico, que inclui a produção de betão próprio de características especiais pré-determinadas, bem como o aço da estrutura de betão armado utilizado para a produção de segmentos de torres de betão que tem de corresponder a determinados requisitos.



Fig.4.2- Central de betão da fábrica das torres de betão.

A elevada precisão de fabrico de cada um dos segmentos em betão é assegurada através de cofragens de aço especialmente construídas para o efeito. Este método minimiza as tolerâncias dimensionais e assegura uma elevada precisão de ajuste durante a montagem. Por exemplo um dos maiores e mais poderosos aerogeradores actualmente existente é, a E-126, que terá uma altura de torre de cerca de 131 metros e uma área de 12.000 m² de rotor e que já se encontra instalada e em funcionamento na

Alemanha. Um dos factos da indústria eólica é que quanto mais alto se localiza a turbina, melhor é o seu desempenho. Presentemente a altura de uma torre de betão pré-esforçada por pós-tensionamento está apenas limitada pela capacidade de grua.

Geralmente, são adoptados dois tipos de materiais para a concepção de uma torre de aerogerador: o aço ou o betão pré esforçado. As construções em aço incluem mastro de aço e torres de malha tubular, cujas alturas superiores a 100m causam diversos problemas técnicos a este tipo de torres, para além das cada vez mais escassas reservas mundiais de aço imponem também dificuldades óbvias.

A aplicação de betão armado pré esforçado tem-se revelado um método eficaz e viável, mas no sentido de se aproveitar o seu máximo potencial o método de construção requer um significativo desenvolvimento em termos de performance de instalação e eficiência de custos.

A produção económica de segmentos de betão para aerogeradores é conseguida dentro de limites exigentes e o processo é altamente normalizado e industrializado. A alta performance dos segmentos requer uma tecnologia avançada do processo de betonagem, a utilização de novos materiais como super-platificantes de nova geração, procedimentos rigorosos de controlo de qualidade e a monitorização de todo processo de fabrico. A matéria-prima utilizada na produção de betão armado tem de ir de encontro a determinadas especificações e requisitos, que se vão actualizando através de investigação e tecnologia.



Fig.4.3 - Pólo industrial de produção de torres e pás de aerogeradores em Viana do Castelo

Para cada área de fabrico existem instruções detalhadas de procedimento. Deste modo, é assegurado que cada uma das etapas de trabalho, bem como os produtos e materiais, possam ser revistos sem qualquer lacuna.



Fig.4.4 – Betonagem de segmentos [52]

A construção de um aerogerador com segmentos pré-fabricados de betão armado e pré esforçado oferece vários benefícios nomeadamente, tornam a produção rápida e de alta qualidade, devido, como já referido anteriormente, ao alto grau de pré-fabricação alcançado, ao complemento de montagem parcial no local da instalação, a um controle de qualidade eficiente, à fácil montagem de peças embutidas e pré fabricadas, ao betão de alta qualidade e altas classes permanentes de resistência e de baixa variação, à produção independente das condições atmosféricas, à maior precisão das peças de betão devido aos moldes robustos de aço, à entrega eficiente do local da construção, ao início rápido de carregamento da torre em construção e a métodos simples e seguros de instalação.



Fig.4.5- Processo de fabrico

A produção e construção de uma torre de 83 m em betão armado e pré esforçado em condições óptimas de instalação (clima, fornecimento de materiais, e produção contínua em turnos) leva aproximadamente 3 semanas desde a betonagem dos segmentos até à produção das armaduras de pré-esforço e instalação da torre e selagem das bainhas de pré-esforço com as caldas de cimento. [52]

4.1.2. FUNDAÇÕES

A fundação transmite o peso próprio e as cargas do vento do aerogerador ao terreno de construção. As fundações são, por norma, concebidas na forma circular. A acção da força é igual em todas as direcções do vento, enquanto nas placas quadradas ou fundações em cruz podem surgir pressões assimétricas no solo. A quantidade de armadura, bem como a massa de betão a entivar, é consideravelmente reduzida pela forma circular pois esta origina superfícies de ligação mais pequenas. O enchimento da fundação com a terra escavada da vala entra como sobrecarga no cálculo estático; Assim é necessária uma menor quantidade de betão armado para garantir a estabilidade da fundação.



Fig.4.6 - Fundação concluída a aguardar a montagem de segmentos – são visíveis os negativos para a introdução dos cabos

4.2. O PRÉ-ESFORÇO

A operação de instalação de pré-esforço num sistema vertical em torres, como é o caso destes aerogeradores com 80 m de altitude, é relativamente recente em Portugal. Toda a operação de pré-esforço reveste-se de procedimentos cujo controlo de conformidade é indispensável, salvaguardado por aspectos legais e normativos, que vão desde o fornecimento da matéria-prima, à fabricação e à inspecção final da injeção de caldas “grouting”, cujo objectivo é assegurar a integridade estrutural destes equipamentos.

O pré-esforço é uma técnica de reforço de estruturas que pode ser aplicado a diversos materiais, mas principalmente e o mais comum a estruturas de betão, através de cabos, que são constituídos por cordões e estes por sua vez por fios de aço de alta resistência e baixa relaxação. As aplicações desta tecnologia incluem estruturas de consideráveis dimensões, normalmente em edifícios de apartamentos e escritórios, parques de estacionamento, suportes e âncoras de rocha e de terras, pontes e tanques de água, para além das torres de aerogeradores em análise.

Em grande parte das circunstâncias, o pré-esforço permite a construção de estruturas, que seriam impossíveis sem esta tecnologia, devido a limitações estruturais ou requisitos arquitectónicos.

“O processo de pré-esforço consiste na aplicação de forças para a estrutura de betão armado, através do tensionamento de cabos relativamente à estrutura de betão. “Pré-tensão” é utilizado mundialmente para apelidar todos os efeitos permanentes do processo de pré-esforço, que compreendem as forças internas nas secções e deformações da estrutura.” [53]

Existem diferentes tipos de pré-esforço nomeadamente, pré-tensão, pós-tensão, aderente, não aderente externo e interno.

A **pré-tensão** é caracterizada pelo tensionamento do aço antes da betonagem da peça de betão, sendo o pré-esforço transferido ao betão após a cura do mesmo. É o sistema utilizado correntemente em fábrica para a pré-fabricação de vigotas, lajes alveoladas, vigas pré-esforçadas para pontes e asnas para edifícios industriais. O pré-esforço é transferido do aço para o betão por aderência entre os dois materiais.

No pré-esforço por **pós-tensão**, o aço de pré-esforço é tensionado depois de o betão fazer presa, quando o betão adquiriu a resistência necessária. A betonagem é feita deixando-se bainhas para a posterior introdução de cabos de pré-esforço, não existindo contacto com o aço. Uma vez endurecido o betão, os cordões de aço são introduzidos nas bainhas e esticados nas extremidades onde são ancorados, transmitindo-se nessas zonas as forças de compressão ao betão.

O pré-esforço é designado por **aderente** se o aço de pré-esforço estiver ligado ao betão ao longo do seu comprimento, por exemplo com utilização de calda de cimento, garantindo um funcionamento conjunto dos materiais, semelhante ao das armaduras ordinárias.

O pré-esforço é designado por **exterior** se o aço de pré-esforço estiver colocado exteriormente à secção de betão, tomando contacto com esta apenas em pontos localizados ao longo do vão (ancoragens e pontos de desvio). [54]

Para a instalação das torres de aerogeradores em segmentos de betão armado é utilizado, actualmente, um sistema de pré-esforço por pós-tensionamento, interno e aderente por caldas de injeção (grout). Presentemente e à data da elaboração desta dissertação, está a ser analisada a aplicabilidade da solução de pós-tensionamento externo não aderente, que abordarei superficialmente no final deste capítulo.

Durante a construção da torre, a instalação das secções de betão e especialmente a instalação dos cabos de aço, deve ser inspecionada e completamente documentada pelo instalador. Antes da injeção das

bainhas de pré-esforço, os processos de produção e instalação de pré-esforço deverão ser examinados de forma a garantir a correcta instalação. Os resultados do exame deverão ser documentado e registados em documento próprio.

4.2.1. PRINCÍPIOS DO PRÉ-ESFORÇO

Para se ter plenamente consciência dos benefícios da tecnologia do pré-esforço, importa ter alguns conhecimentos sobre estruturas de betão armado. O betão armado é muito forte em compressão, mas fraco em tensão (ou seja, ele tende a fissurar e rachar quando forças agem para o estirar).

Na construção de betão armado convencional, se uma carga é aplicada por exemplo a uma viga ou laje, estas tenderão a desviar-se e ceder. Estas cargas provocam o alongamento da superfície inferior. Mesmo um ligeiro alongamento é suficiente para induzir forças de tracção e provocar rachaduras.

A resistência do betão à tracção é baixa, apenas cerca de 1/12 da resistência à compressão, sendo natural a utilização do aço no betão armado para resolver essa insuficiência num material de grande utilidade face à sua facilidade de moldagem. A armadura convencional de reforço de tracção passiva embebida no betão, não sendo suficiente, não provoca qualquer força contrária estando o betão limitado quando sujeito a alongamentos, por não conseguir acompanhar a armadura surgindo assim fendas.

O pré-esforço por outro lado é considerado reforço “activo” e a sua função é colocar a estrutura de betão sob compressão nas regiões onde a carga de tensionamento provoca tracção. A tensão causada pela carga terá primeiro que cancelar a compactação induzida pelo pré-esforço antes que ele possa quebrar o betão.

A fig.4.7(a) mostra uma viga em betão armado de apoios simples e outra encastrada solicitadas por uma carga aplicada, apresentando rachaduras na zona de alongamento devido às forças de tracção.

A fig.4.7 (b) e (c) mostra as mesmas estruturas, viga em apoio simples e encastrada, sujeitas a esforços de pré-esforço com origem em cabos de alta resistência, provocando contra-flechas.

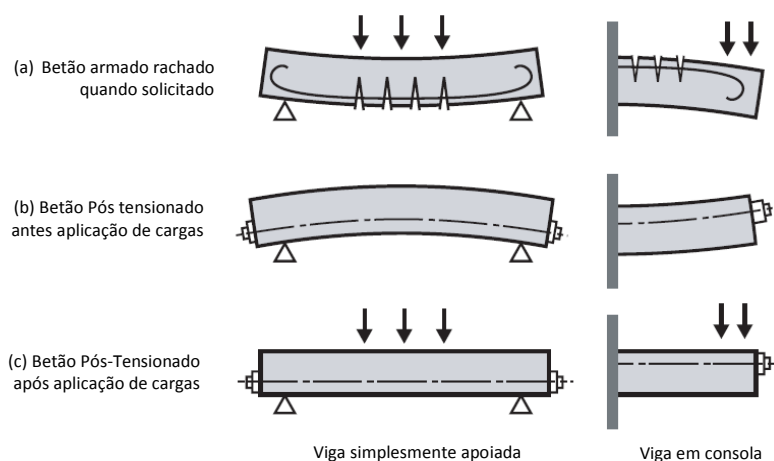


Fig.4.7 - Comparação de vigas de betão armado normal e com pré-esforço [adaptado de [55]]

O objectivo é o equilíbrio do efeito das cargas de solicitação e de pré-esforço, de forma que a tensão de solicitação é compensada pela compressão induzida pelo pré-esforço. As tensões são eliminadas

através desta combinação. Isto é o pré-esforço produz um sistema de forças internas auto-equilibradas constituído por forças de tracção nos cabos de pré-esforço e forças de compressão no betão.

O pré-esforço por pós-tensão deve ser instalado somente após o betão ter endurecido e quando atingiu uma resistência à compressão mínima que permite essa transferência de carga [54].

4.2.2. VANTAGENS

Genericamente na construção civil, esta tecnologia permite vãos mais longos, lajes mais finas, menos e mais delgadas vigas, estruturas mais arrojadas. Lajes mais finas significam a utilização de menos betão, ao mesmo tempo que permitem uma construção em altura com menos peso do que uma estrutura convencional, com a mesma altura. Isto reduz também as cargas transmitidas à fundação com vantagens acrescidas a nível sísmico. Traduz-se também em economia já que determinam a redução dos custos gerais de construção. [56]

O desempenho satisfatório deste tipo de estruturas depende da selecção adequada, especificação e fabricação de diversos materiais e componentes que compõem o sistema de pós-tensionamento.

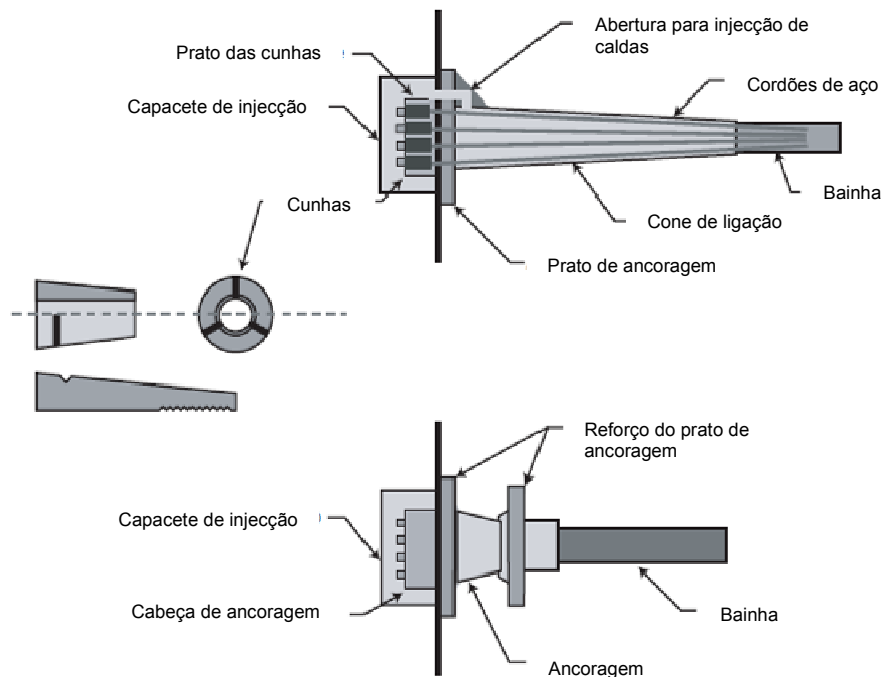


Fig.4.8 – Sistema de pós tensionamento - ancoragens para armaduras internas aderentes [adaptado de [55]]

4.2.3. AÇO DE PRÉ-ESFORÇO

Entende-se por «aço de pré-esforço» os produtos em aço de alta resistência e baixa relaxação, destinados a serem utilizados como armaduras em betão pré-esforçado, que se apresentem na forma de fios, cordões e varões.

Os cabos para as armaduras de pós-tensionamento de torres de betão para aerogeradores, são constituídos por 6 cordões de 7 fios de aço de alta resistência à tracção e baixa relaxação, enrolados numa disposição em hélice com um diâmetro nominal de 0,60” (15,3 mm) e uma secção com área de 140 mm² ou com o diâmetro nominal de 0,62” (15,7 mm) e uma secção com área de 150 mm².

Ambos os aços das classes Y 1770 S7 ou Y 1860 S7 são permitidos e as ancoragens são as mesmas independentemente da dimensão dos cabos e para ambas as classes de aço. [51]

A designação dos fios é feita pelo conjunto dos símbolos seguintes:

- A letra Y indica aço de pré-esforço;
- Um número de 4 algarismos indica o valor nominal da tensão de rotura à tracção, expresso em MPa;
- A letra C indica fios trefilados, S, cordão;
- Um número aproximado às décimas indica o diâmetro do fio em mm.



Fig.4.9- Etiqueta de identificação do aço com a Indicação do tipo de fio, neste caso Y 1860 S7

Os cordões de aço utilizados para a produção dos cabos de pré-esforço são adquiridos a fornecedores qualificados, previamente aprovados mediante comprovativos de certificação exigentes, que evidenciem o cumprimento das normas nacionais e europeias, nomeadamente LNEC E -453 (2002), Euronorma 138-78, pr EN 10138 -2, REBAP, EC2 e ETAG 13.

O controlo da matéria-prima, da produção do fio através da trefilagem e estabilização e adequada embalagem são a primeira garantia da qualidade do produto recepcionado para a produção dos cabos de pré-esforço.

Os cordões de aço para pré-esforço são obtidos por encordoamento de fios de aço obtidos por trefilagem a frio de fio laminado a quente, de aço de elevado teor de carbono (0,70% a 0,85%).

Antes da operação de trefilagem, efectua-se a preparação da superfície dos fios laminados, que inclui a decapagem, para remover o filme de óxido de laminagem (carepa) e também a eventual película de oxidação atmosférica. A fosfatação, seguida de neutralização por imersão em banho de cal, trata a superfície, aplicando-se de seguida a deposição de uma camada lubrificante com vista a assegurar a eficácia da trefilagem.



Fig.4.10- Processo de decapagem

A trefilagem é efectuada em máquinas com várias ffeiras consecutivas, que reduzem o diâmetro do fio, aumentando a resistência por sucessivas deformações a frio.



Fig.4.11 – Processo de trefilagem

O encordoamento dos fios de alta resistência é efectuado em máquinas específicas, após o que o cordão resultante é submetido a um tratamento de estabilização.

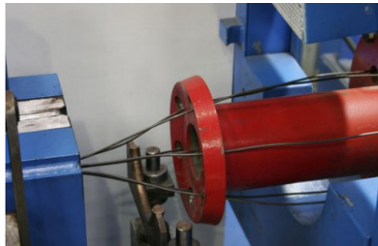


Fig.4.12 (a) e (b) - Encordoamento do fio

A operação final de fabrico é a estabilização, que consiste num tratamento termomecânico de envelhecimento sob a acção de um esforço de tracção em simultâneo com um aquecimento a 400°C. Este tratamento elimina as tensões residuais, permitindo reduzir a relaxação. O esforço de tracção referido é aplicado através de uma última trefilagem, em simultâneo com o tratamento térmico.

Os cordões são por fim enrolados em rolos de grande diâmetro de forma a não produzir deformações plásticas que destruiriam o efeito da estabilização. [57]



Fig.4.13 - Bobines de cordão de aço pronto para distribuição

Apenas são admitidos cordões de 7 fios devendo os cordões ser produzidos de acordo com as características expressas de pelo menos uma das seguintes tabelas.

Quadro 4.1 - Cordão para pré-esforço segundo a norma: Euronorma 138-79

Diâmetro nominal	Carga de rotura nominal	Secção nominal	Massa nominal	Tolerância em secção	Carga de rotura característica	Carga específica 0,1% alongamento	Carga específica 0,2% alongamento	Alongamento min à carg Max $t_0 = 500\text{mm}$	Relaxação		
									Carga inicial (% da carga de rotura actual	Relaxação Max à 1000h	
										Relax. Class1	Relax. Class1
mm	N/mm2	Mm2	g/m	mm2	KN	KN	KN				
12,5	1860	93	730	+4%/-2%	173	147	152				
11,0	1860	71	557	+4%/-2%	132	112	116				
9,3	1860	52	408		97	82	85				
15,7	1770	150	1180	+4%/-2%	265	225	233	Para todos os fios 3,5%			
12,9	1860	100	785		186	158	163				
11,3	1860	75	590	+4%/-2%	139	118	122				
9,6	1860	55	432		102	87	90				
									Para todos os fios	Para todos os fios	Para todos os fios
									60%	4,5%	1,0%
									70%	8%	2,5%
									80%	12%	4,5%

Quadro 4.2 - Cordão para pré-esforço segundo especificações LNEC E 453

Diâmetro nominal	Rm	Fm	Fp 0,1	Agt	E
mm	MPa	KN	g/m	%	GPa
9,3	1860	97	83		
11,0	1860	140	120		
12,5	1860	173	149		
13	1860	186	160	3,5	195±10
15,2	1860	260	224		
16,0	1770	265	228		
16,0	1860	279	240		

A torre E-82 produzida no cluster eólico de Viana do Castelo apenas utiliza o cordão de 7 fios que deve ser fornecido com enrolamento na mesma direcção e tem a dimensão de 15,7 mm - 16,0 mm com a tensão de rotura nominal de 1860 N/mm2 (Y1860 S7).

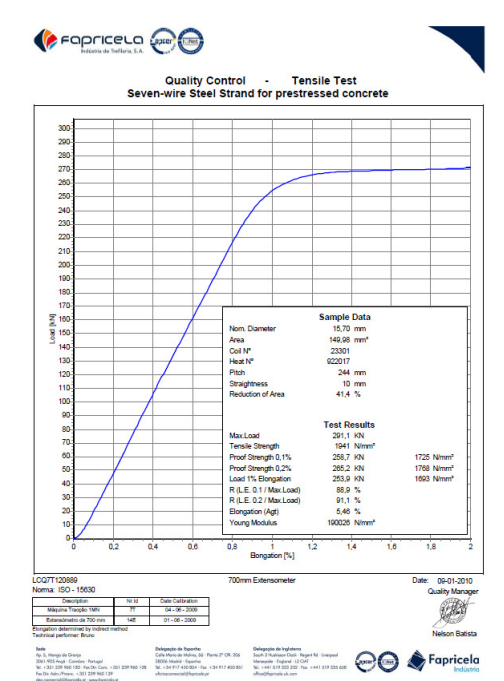


Fig.4.14 (a) e (b) - Exemplo de teste de controlo de qualidade entregue com cada fornecimento de aço

Um exemplo típico de frequências de amostragem deve ser para o cordão, três amostras seleccionadas aleatoriamente, de 1,5m de comprimento, por fabricante, por dimensão do cordão e por carregamento, com um mínimo de uma amostra por dez bobines entregues.

Uma em cada amostra recolhida que representa o lote, deve ser ensaiada em conformidade com a norma ETAG 13, e a especificação LNEC E 453-2002. As restantes, devidamente identificadas devem ser marcadas e armazenadas para futuros testes.

O instalador do pré-esforço, após aceitação inicial, deve manter um bom controlo sobre o armazenamento e identificação, manutenção de registos e cópias das guias de fornecimento, certificados e registos dos resultados de testes para a entidade inspectora/fiscalização. Este último deverá regular e periodicamente verificar os componentes e materiais armazenados, registos e resultados.

A aprovação dos materiais e componentes de pré-esforço pela entidade inspectora/fiscalização, não deve ser impeditiva de uma eventual rejeição posterior, caso o material se tenha danificado no transporte ou mais tarde encontrando-se defeituoso por qualquer outro motivo. Os ensaios devem estar em conformidade com as especificações e normas aplicáveis.

MOPTC – LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL – PORTUGAL
HOMOLOGAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS E PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO
DOCUMENTO DE HOMOLOGAÇÃO

FAPRICELA – Indústria de
Trefilados, S.A.
Avenida 1.ª de Maio da Costa
1000-000 LISBOA
Telf. +351 218 460 150
Fax. +351 218 460 150
Web site: www.fapricela.pt
E-mail: fapricela@fapricela.pt

FAPRICELA
FO DE AÇO PARA PRÉ-ESFORÇO

D H 788
0109
171 | 259 | 342 | 490
CUI
100
10 83425
270083
FUNDAMENTAÇÃO
PLUMBICONTINENTE
PRESTRESSOVARRE
JANUÁRIO DE 2000

O presente documento atesta a validade a D H 788.
A validade da validade do D H 788 pode ser verificada por qualquer entidade em LNEC ou por consulta de ficheiros do Documento de Homologação, válido, assinado para Internet.

DECISÃO DE HOMOLOGAÇÃO

O presente Documento de Homologação, elaborado em cumprimento do artigo 17º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), Decreto-Lei nº 383, de 7 de Agosto de 1991, e do nº 1.2 do artigo 11º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), Decreto-Lei nº 140-B/02, de 30 de Junho, define as características e estabelece as condições de fabrico e de emprego do fo de aço para pré-esforço produzido pela FAPRICELA – Indústria de Trefilados, S.A., nos termos da Especificação ENEC EN1008 – Fios de Aço para Pré-esforço. Características e Ensaio. O uso do fo foi também condicionado pelas disposições aplicáveis do REBAP.

A homologação concedida é válida até 31 de Dezembro de 2007, data em que será feita a sua revisão e renovação.

A validade da homologação fica condicionada à verificação anual da manutenção da qualidade da produção.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Janeiro de 2005.

A DIRECÇÃO
Francisco Nunes Correia
Presidente do LNEC

LNEC | Departamento de Estruturas
Av. Brasil, 101 | 1700-080 LISBOA | PORTUGAL
Fax. +351 218 460 122
Internet: http://www.lnece.pt/8000F081/foes/Lisboa/foes_Lisboa_1/foes

Fig.4.15- Exemplo de documento de homologação para pré-qualificação de fornecedor

Em obra, as armaduras devem fazer-se acompanhar com a respectiva identificação, número do lote e/ou de fundição correspondente ao número indicado na nota de entrega dos cabos, que permita a rastreabilidade do aço e evidencie o processo de aceitação da matéria-prima e de conformidade de fabricação das armaduras.



Fig.4.16- Folha de acompanhamento do tambor, identificativa do material

4.2.6. PRODUÇÃO DE ARMADURAS DE PÓS-TENSIONAMENTO COM ANCORAGEM PASSIVA

A produção das armaduras de pré-esforço na fábrica, das torres de betão após a recepção dos cordões por um fornecedor certificado consiste na constituição de armaduras de 6 cordões de 7 fios com acoplagem das âncoras fixas, passivas e respectivas cunhas.

Após recepção dos cordões em fábrica, um mecanismo de desenrolamento e de alimentação corta os cordões de aço, num comprimento definido, para formar os cabos de pré-esforço, que posteriormente são enrolados em tambores.



Fig.4.17 - Desenrolamento das bobinas e calha de assemblagem dos cabos

Para a fixação dos cabos nas ancoragens, são usadas cunhas de diâmetro 0,62". As seguintes figuras apresentam o processo de cravação dos cordões à cabeça de ancoragem passiva e o mecanismo hidráulico de tensionamento em fábrica.

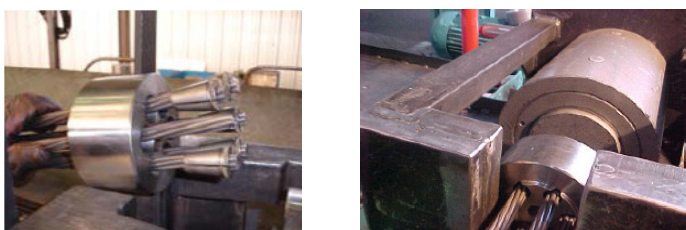


Fig. 4.18 - Pré cunhagem dos cordões à cabeça de ancoragem e dispositivo hidráulico



Fig.4.19- Dispositivo de enrolamento dos cabos em bobinas de transporte (tambores) e armazenamento provisório

4.2.7. TRANSPORTE, MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

O aço de pré esforço tem de ser protegido contra corrosão e danos físicos, em todo o processo desde o fabrico até à instalação final e injeção de caldas “*grouting*”. Este deve ser acondicionado em embalagens para o transporte, manuseio e armazenamento.

Os recipientes de envio devem ser claramente identificados, com uma declaração que informe que contém aço de alta resistência e baixa relaxação para pré-esforço, o tipo de cuidados necessários para a manipulação, o tipo e a quantidade de inibidor de corrosão usado e a data em que foi colocado e qualquer outras precauções de segurança e instruções.

Os cordões devem ser claramente identificados, indicando que se trata de um aço de pré-esforço, respeitador dos requisitos da Euronorma 138-79, com identificação do correspondente número do lote, em relação com as amostras retiradas para o controle de qualidade. Todos os cordões não identificados devem ser rejeitados.

As bobinas de cordão devem ser examinadas no acto de recepção na fábrica de produção das torres de betão, para a produção de cabos, e periodicamente durante o seu armazenamento. Durante a utilização, qualquer bobine identificada contendo fios ou cordões partidos ou com vestígios de corrosão deve ser cuidadosamente examinada. Consideráveis comprimentos de fio ou cordões quebrados ou com corrosão devem ser rejeitados.

Os materiais sensíveis à corrosão, para além do aço de pré-esforço, tal como as bainhas, dispositivos de ancoragem, acoplagens e cunhas, devem ser protegidos de agentes prejudiciais durante o transporte e armazenamento e também enquanto estiverem colocados na estrutura antes da protecção definitiva. Quaisquer materiais que tenham sofrido corrosão significativa devem ser substituídos por materiais conformes.

A empresa especialista em pré-esforço certificada ao abrigo da ETA, deve fornecer instruções para:

- Protecção temporária do aço de pré-esforço e dos seus componentes para prevenir a corrosão durante o transporte desde a produção até ao local de instalação;
- Durante o transporte, armazenamento e manuseamento de forma a evitar alterações mecânicas, químicas e electroquímicas dos elementos de pré-esforço respectivos e componentes;
- Garantir a protecção contra a humidade;
- Separação dos elementos e componentes de pré-esforço, das zonas onde ocorram soldaduras.

A protecção temporária contra a corrosão de todos os componentes de pré-esforço (por exemplo, cunhas, cabeças de ancoragem e bainhas) é muito importante, de forma a assegurar o adequado funcionamento durante a instalação e vida útil deste equipamento. Deve ser previsto em fábrica o embalamento e acondicionamento adequados do aço para transporte. No local da instalação devem ser organizadas boas condições de protecção, garantindo-se uma boa ventilação, mantendo o aço seco e limpo.

Para longos períodos de armazenamento devem ser usados óleos solúveis em água. Quando escolhidos adequadamente estes não são prejudiciais ao aço e não necessitam de ser removidos antes da injeção de grout. Quando aplicados em fábrica, poderá ser necessária a sua reaplicação no local de instalação. [59]

4.2.8. PRAZOS PARA A INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO E INJEÇÃO DE CALDAS

Uma das mais eficazes protecções contra a corrosão é limitar o período de tempo entre a fabricação do cabo, a instalação em bainha e a injeção de caldas (tendo como referência a norma, pr ENV 13670-1) a injeção de cabos de pré-esforço deve ser executada até 12 semanas entre a produção do cabo de pré-esforço e a injeção (4 semanas sem pré-tensionamento).

O período de tempo aceite desde o pós-tensionamento até à injeção de caldas, deverá ser no limite 2 semanas.

4.2.9. INSTALAÇÃO DE CABOS NA TORRE DE BETÃO

Os cabos de aço têm de ser protegidos durante a instalação na estrutura. Previamente, devem ser inspeccionados quando recebidos no local da instalação e periodicamente, durante o armazenamento provisório, e por fim antes da sua instalação.

A entidade inspectora deve ter autoridade para rejeitar qualquer aço de pré-esforço que tenha sofrido danos físicos ou corrosão.



Fig.4.20 - Armazenamento provisório do aço em obra

Durante os trabalhos de descarga, deve assegurar-se uma posição segura e vertical dos tambores e espaço suficiente no solo para acoplagem posterior do dispositivo de desenrolamento.

Retirar o plástico apenas imediatamente antes da colocação do tambor no dispositivo de desenrolamento.

Devem ter-se cuidados especiais durante os trabalhos com os cabos de pré-esforço nomeadamente, evitar dobrá-los para além do diâmetro mínimo de 1,65 m, não dobrar excessivamente os cabos e evitar o contacto com arestas vivas, armazenar todos os materiais de tensionamento e de injeção de calda (caixa de transporte) que foram entregues com os cabos de pré-esforço, dentro da torre, durante os trabalhos de colocação dos cabos, registar no protocolo dos cabos de pré-esforço os cabos colocados e a respectiva posição e verificar se o número do lote e/ou de fundição na folha de acompanhamento do tambor corresponde ao número indicado na nota de entrega dos cabos.

Após a conclusão da montagem dos segmentos de betão, deve-se verificar se os tubos de pré-esforço estão desobstruídos, usando um fio-de-prumo.



Fig.4.21 – Montagem de segmentos de betão, teste de desobstrução das bainhas de pré-esforço

Através do dispositivo de desenrolamento dos cabos pega-se no cabo e insere-se a extremidade na bainha de pré-esforço e deixa-se entrar de forma constante e sem interrupções, reduzindo gradualmente a velocidade nos metros finais do cabo vedado até que a ancoragem fixa esteja apoiada no centro da placa de ancoragem / flange de aço.

Por fim, coloca-se um tubo de PVC sobre o cilindro e vedar em baixo com resina. Mais tarde, a calda de injeção passará por este tubo formando o ponto de selagem das ancoragens fixas.



Fig.4.22. – Introdução das armaduras nas bainhas de pré-esforço

Depois de colocar os cabos de pré-esforço, verificar na cave da fundação se todos os cabos passam pelo menos 1 metro para fora de cada tubo.



Fig.4.23 – Confirmação dos cabos na fundação

Na secção de aço de 3 m (segmento 19) são colocados 28 cabos. Os restantes 4 cabos ficam situados ao nível do segmento 12. Na seguinte figura pode-se constatar os 28 cabos, não sendo contabilizados os números terminados em 5 e 8.

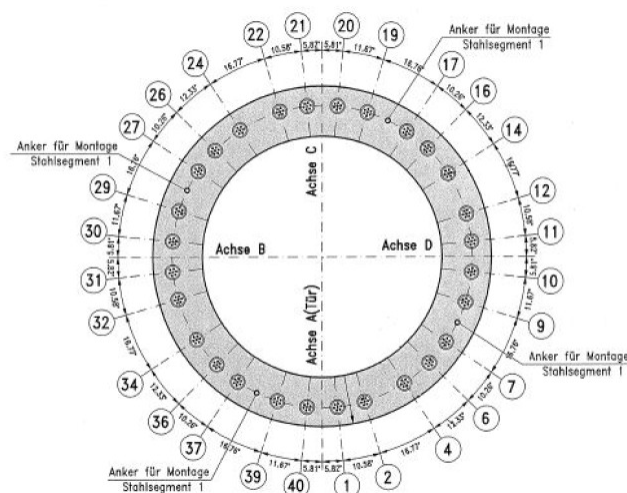


Fig.4.24- Planta de posicionamento dos cabos de pré-esforço na flange de aço de 3m.

4.2.10. PROTECÇÃO DOS DUCTOS APÓS A MONTAGEM DE SEGMENTOS

Para evitar a contaminação desnecessária e indesejável de condutas no período que antecede a instalação dos cabos de pré-esforço, é fortemente recomendado que sejam aplicadas medidas de protecção adequadas. Como por exemplo a cobertura temporária das extremidades abertas das bainhas, através de tampas temporárias na zona das ancoragens ao nível superior, evitando-se assim a entrada

de água ou outros elementos estranhos. As aberturas inferiores devem ser deixadas abertas e quaisquer válvulas já instaladas deverão manter-se abertas até a injeção, deixando circular livremente qualquer água da chuva ou de condensação acumuladas.

As zonas de secção dos elementos pré fabricados de betão com aberturas de múltiplos ductos devem ser cobertos com lona plástica resistente adequada. Todas as medidas provisórias de protecção devem ser verificadas periodicamente, especialmente se o trabalho está parcialmente concluído ou os componentes são armazenados por longos períodos de tempo.

Por vezes, simples medidas preventivas são suficientes para fazer face a potenciais custos elevados de reparação. Por outro lado é preferível manter a água fora das bainhas do que ter de retirá-la após a operação de injeção. O excesso de água dilui a calda e promove a segregação, originando vazios no grout, o que por sua vez promove a corrosão. O processo de reparação deste tipo de anomalias é difícil e muito dispendioso, portanto a prevenção é preferível à reparação.

4.2.11. COMPONENTES DE SISTEMAS DE PÓS-TENSIONAMENTO

4.2.11.1. Pratos de ancoragem

O prato de ancoragem é um dispositivo que transfere a força dos cabos de pré-esforço ao betão. São placas em aço, com um funil em P.E.A.D. acoplado para ligação à bainha e armadura de reforço de confinamento em espiral, para transmissão de cargas à estrutura de betão armado. Estas fixações devem ser aceites com base num exame visual e físico.



Fig.4.25 (a) e (b) - Prato de ancoragem com armadura de reforço

4.2.11.2. Armadura de Reforço Local

Independentemente do tipo de ancoragem, é essencial proporcionar o reforço nas zonas de ancoragem (zona imediatamente atrás do prato de ancoragem). Para a maioria dos cabos de pré-esforço, este reforço compreende um varão em espiral. Esta zona de reforço deve ser colocada o mais próximo possível do prato de ancoragem em todas as instalações. Por este motivo, a espiral deve vir já instalada no prato de ancoragem e não colocada independentemente, evitando-se deslocações.

4.2.11.3. Cabeças de Ancoragem

Neste sistema, existem dois tipos de ancoragem, a passiva e a activa. As cabeças de ancoragem localizadas na zona superior foram pré fixadas em fábrica juntamente com a malha de cordões e posteriormente introduzidas na torre. As ancoragens activas localizam-se na fundação e são alvo de pós-tensionamento.



Fig.4.26 – Cabeças de ancoragens



Fig.4.27 - (a) Ancoragens passiva (esquerda) e (b) ancoragem activa (direita) imediatamente antes do pós-tensionamento.

4.2.11.4. Cunhas

As cunhas embutidas nas ancoragens passivas têm de ser seladas por um prato retentor. Na ancoragem fixa, para o cordão de 0,60", são usadas cunhas com marcação de 0,62" BBV PT System ETA-05/0202. [50]

A performance das cunhas é crítica para a adequada ancoragem dos cordões. Os sistemas de cunhas têm vindo a evoluir e a serem desenvolvidos para determinados sistemas particulares de ancoragens.

Existem características comuns a todos os sistemas de cunhas. O comprimento é pelo menos 2,5 vezes o diâmetro do cordão, com 5 a 7 graus de inclinação, com dentes serrados para cravação do cordão. Geralmente são especialmente endurecidos em sistema de liga de aço de baixo carbono. Normalmente são constituídas por 3 partes juntas com clipe de arame fixo no sulco na zona mais grossa da cunha. As cunhas são endurecidas com um núcleo dúctil, de forma a cravarem-se no cordão e adaptarem-se à irregularidade do cordão e ao negativo da cunha. É durante esta situação que as cunhas poderão fissurar. No entanto não está comprometida a sua funcionalidade desde que não se parta em peças diferentes.

Os requerimentos de cumprimento de funcionalidade das cunhas devem estar de acordo com a ETAG 13, que impõe a realização de testes de controlo de qualidade ao fabricante, no sentido da adequação da certificação deste material.

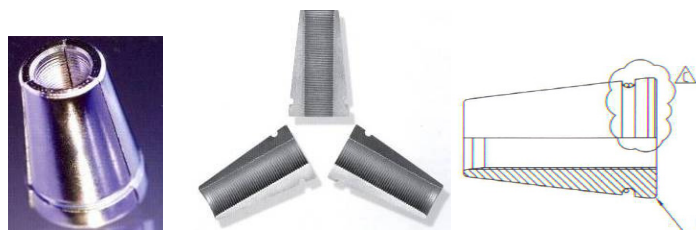


Fig.4.28- Cunha constituída por 3 peças

4.2.11.5. Bainhas

As bainhas são fabricadas através de fitas de aço, em tubos em espiral com uma espessura mínima da parede, de acordo com o seu diâmetro. A fita deve ser de aço galvanizado, de acordo com a NP EN 523:2005. As bainhas devem ser fabricadas com costuras soldadas ou de fecho mecânico, com rigidez suficiente para manter o perfil correcto entre os suportes durante a inserção na armadura e durante a betonagem da secção em betão.

As bainhas devem ser flexíveis, sem fender ou achatar. As articulações entre as secções de bainhas e entre condutas e componentes da ancoragem devem ser feitas com ligação que proporcione um alinhamento interior liso sem arestas ou mudanças bruscas de ângulo.



Fig.4.29- Bainha - tubo metálico corrugado

4.2.12. UNIDADE HIDRÁULICAS DE PRÉ-ESFORÇO

Os seis cordões que constituem o cabo de pré-esforço são tensionados conjuntamente, através de unidades hidráulicas, constituídas por bombas e macacos, fabricados sobre encomenda, sendo exclusivamente dedicados às secções a que se destinam tensionar.

O tensionamento em conjunto garante sobretudo que à medida que os cordões são tensionados, não haja o risco de algum ficar preso. Os macacos usados são de características comuns de negativo central. Por esta cavidade passam os cabos e estes são fixos na extremidade traseira.

Os macacos hidráulicos são instrumentos muito precisos, tendo de haver especial cuidado na forma de uso, manuseamento e embalagem. Com a necessidade de promover grandes alongamentos, aumenta o potencial de variações na precisão da força aplicada. Outros factores que afectam a precisão dos macacos são: uso de óleo sujo, exposição do sistema a poeiras, terras e lamas, cargas excêntricas, tipo e forma de embalagem, posição da alavanca de suporte, temperatura do óleo, válvulas hidráulicas e equipamento de leitura (manómetro).

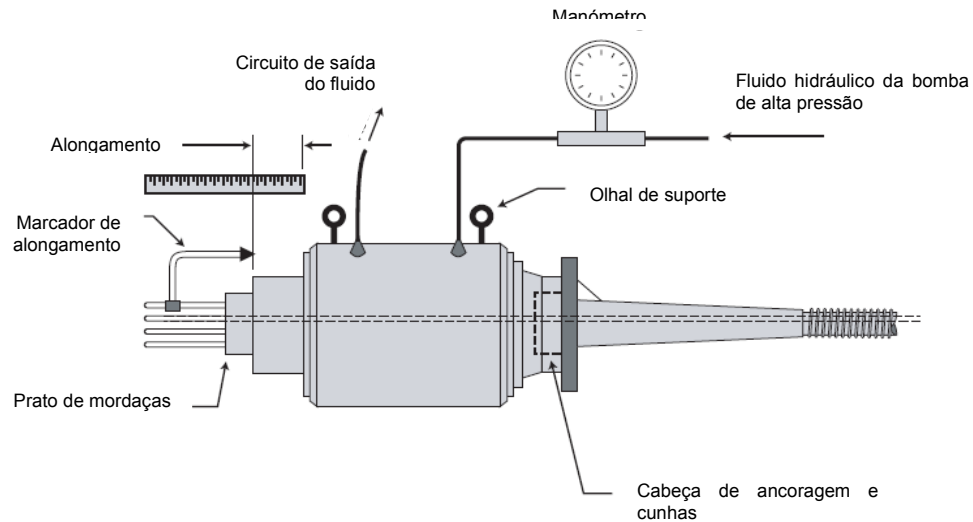


Fig.4.30 – Sistema de PT hidráulico típico para cordões múltiplos de negativo central.

Outro efeito é a histerese. A histerese é uma perda de energia devido a uma mudança de pressão hidráulica no interior do macaco, provocando valores de carga imprecisos quando a pressão é estática ou decrescente. Um aumento de pressão hidráulica também provoca uma perda de energia, mas essa perda é facilmente reparada durante a calibração do macaco e manómetro com uma célula de carga colocada durante este aumento de pressão.



Fig.4.31 – Unidade hidráulica bomba + macaco utilizado nas torres de betão

O sistema de tensionamento deve estar equipado com um medidor de pressão que regista a pressão do fluido hidráulico do macaco. Desta forma o medidor de pressão, o macaco e a bomba hidráulica devem ser calibrados em conjunto e permanecerem juntos, como uma unidade, em todas as operações de pré-esforço. Os manómetros, macacos e bombas hidráulicas não devem ser trocados. Se forem, então o novo sistema deve ser recalibrado antes de ser usado na instalação do próximo pré-esforço.

4.2.12.1. Calibração da unidade hidráulica

De acordo com a norma europeia ETAG13, os sistemas de pré-esforço devem ser calibrados todos os seis meses.

A calibração é extremamente importante. Neste processo é aplicado através do macaco uma carga aos cabos cujos valores são medido e registados através de uma precisa célula de leitura de carga. As leituras do manómetro do sistema de pré-esforço são confrontadas com os dados da célula de leitura de carga em todo o espectro de carga do macaco e é criada uma tabela de confrontação de dados da leitura do manómetro com os dados obtidos pela célula de carga. Esta tabela diz respeito exclusivamente à unidade de pré-esforço em calibração e não a outra qualquer.



Fig.4.32 (a) e (b) - Processo de calibração

Quando usado para pré-esforço, a força real do cabo de aço é facilmente detectada no manómetro e na tabela de calibração. Geralmente os macacos de pré-esforço são aproximadamente 95% eficientes, mas a eficiência real irá depender da idade e das condições de uso da unidade.

Relativamente ao equipamento de pré-esforço, a ETAG 13, com a emissão de um certificado a uma empresa da especialidade, confere instruções e regras próprias para a calibração das unidades hidráulicas e equipamentos de medição.

Os requisitos desta calibração são regulados pelas disposições nacionais dos Estados-Membros. No entanto, é recomendado que as disposições nacionais tenham em conta as seguintes recomendações: [60]

- Os macacos e respectiva carga de sistema de medição devem ter uma calibragem adequada não superior a 6 meses;
- Tem de ser emitido um certificado de calibração por um laboratório qualificado, que deve incluir uma curva de calibração, que estabelece uma correlação entre os valores indicados pelo sistema de medição (manómetro de transdutores de carga, ou outros) e as cargas aplicadas pelos macacos;
- A declaração deve ser feita com a incerteza dos valores medidos para o conjunto da unidade calibrada; A incerteza não deve ser superior a 2% das correspondentes cargas aplicadas;
- A calibração pode referir-se a todo o equipamento, ou ao macaco ou apenas ao sistema de medição separadamente. No segundo caso, as incertezas das calibrações diferentes devem ser declaradas nos relatórios correspondentes, e ser combinadas para avaliar a incerteza global das medições;
- Se o sistema de medição é um manómetro e é efectuada uma calibração separada, deverão estar disponíveis no local de instalação no mínimo dois manómetros, e ser passado um certificado de calibração de validade não superior a 6 meses; Os manómetros devem ser verificados com um manómetro padrão a cada 100 operações de pré-esforço.

4.2.12.2. Curva de Calibração

A curva que relaciona a pressão registada pelo indicador da tomada de força real emitido pelo macaco é exemplificada pela figura 4.33. O macaco e manómetro devem permanecer juntos como uma unidade em todos os momentos durante o uso, a fim de evitar confusões e resultados incorrectos.

Periodicamente durante o uso, o macaco e o manómetro devem ser verificados através do manómetro mestre. A existência de variação significativa na curva de calibração é motivo para analisar todo o sistema.

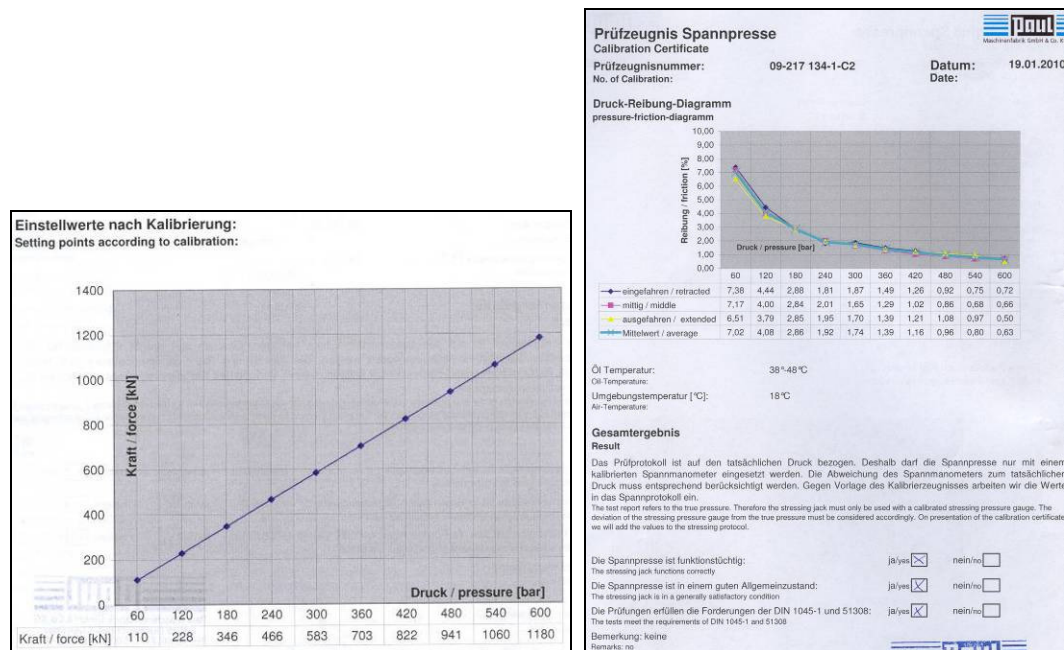


Fig 4.33 (a) e (b) - Exemplo do gráfico de calibração (esquerda) e certificado de calibração (direita)

4.2.13. PROCESSO DE TENSIONAMENTO

O método mais comum de tensionamento é, em estruturas horizontais longitudinais, como pontes, através de cabos de múltiplos cordões. No caso dos aerogeradores estudados estes são constituídos por 32 ductos, 28 ao longo dos 60 metros de altura até à flange de aço (primeiro segmento metálico) os restantes 4 localizados aproximadamente a meio da torre de betão.

O processo de pós tensionamento é realizado apenas numa das extremidades, neste caso na cave da torre, onde todos os seis cordões de um cabo são tensionados em conjunto.



Fig.4.34- Tensionamento de cordões da torre

O tensionamento é realizado seguindo um protocolo, identificado devidamente, discriminado para os grupos de cabos, a sequência a ser seguida.

O comprimento mínimo projectado para os cordões de aço deverá ser garantido. Esta condição é de extrema importância, pois, de outra forma durante o tensionamento, as cunhas do prato da mordaza do macaco poderão partir-se, provocando acidentes ou anomalias estruturais.



Fig.4.35 – Parte de uma cunha partida devido a insuficiente comprimento dos cordões

4.2.14. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE PRÉ-ESFORÇO E AS PERDAS DE TENSÃO

A força necessária em cada cabo é determinada pelo projectista da especialidade e é evidenciada nos desenhos aprovados ou na instrução/manual/especificações técnicas de trabalho. Os alongamentos teóricos são determinados e calculados tendo em conta as perdas de tensão de pré-esforço, que é definida pela diferença entre a força no cabo de pré-esforço no momento da sua aplicação e a força exercida no mesmo cabo em qualquer outro momento da vida da estrutura.

As perdas de tensão nos cabos de pré-esforço, constituem um inconveniente que tem de ser tido em consideração. Efectivamente, será necessário aplicar uma força de pré-esforço inicial superior, para que se consiga a força desejável a longo prazo. É essencial para os cálculos efectuar uma previsão das perdas. Estas podem ser definidas como perdas instantâneas e perdas diferidas.

Como perdas instantâneas temos:

Atrito nos cabos - A força de contacto entre a bainha e os cordões provoca, por atrito, uma reacção que se opõe ao deslizamento, isto é provocado porque no pré-esforço por pós-tensão, os cordões de pré-esforço ao serem tensionados impõem um deslocamento relativo entre eles e a bainha que agrupa os respectivos cordões; Os cabos encostam-se à bainha nos locais de traçado curvilíneo fazendo surgir uma força de desvio, sendo as perdas de força ao longo do cabo por atrito tanto maiores quanto (para o mesmo coeficiente de atrito) menor o raio do traçado dos cabos, aumentando a pressão local sobre a bainha;

Reentrada das cunhas – Durante o pós-tensionamento na fixação dos cabos nas ancoragens, a tensão é transferida ao betão. Inevitavelmente, existe sempre um pequeno escorregamento na extremidade dos cordões que ficam fixos à ancoragem na zona das cunhas que varia entre 5mm e 8mm; As perdas de tensão deste tipo não afectam mais do que uma pequena extensão do comprimento dos cabos de pré-esforço, pois o atrito entre o cabo e a bainha impede que este fenómeno se desenvolva, a partir de uma certa distância;

Deformação instantânea do betão - Quando um elemento é pré-esforçado, o betão ao ser comprimido impõe uma contracção a todos os cabos que já estivessem sido tensionados e fixos ao betão; Num elemento que disponha apenas de um cabo de pré-esforço, em que todos os cordões são tensionados ao mesmo tempo, o betão encurta, mas permanece com a mesma tensão, logo não se verifica este tipo de perda; Apenas se verificam estas perdas quando há cabos tensionados e são aplicados cabos suplementares; Nestes casos, quando o betão encurta, este encurtamento provoca uma perda de tensão nos primeiros-cabos já aplicados.

Nas perdas diferidas temos:

Fluência - A resposta do betão depende da história do carregamento. Se a tensão no betão se mantiver no tempo, a extensão vai aumentando, correspondendo esta deformação à fluência, que é bastante significativa nas estruturas pré-esforçadas em que o betão se encontra, em princípio, totalmente

comprimido; Ao contribuir para o encurtamento do betão, a fluência, provoca uma diminuição da tensão na armadura de pré-esforço, por um efeito semelhante ao da deformação instantânea do betão;

Retracção - A menos que o betão seja mantido em água ou num ambiente com 100% de humidade, o betão perde água e reduz o seu volume com o tempo; Este é o fenómeno da retracção do betão que é fortemente dependente da quantidade de água presente na mistura e da qualidade dos agregados que compõem o betão, sendo que quanto mais duros e densos forem os agregados, menor é a absorção, logo menor é a retracção;

Tal como no fenómeno da fluência, a retracção corresponde a um encurtamento do betão e a uma consequente diminuição de tensão nas armaduras de pré-esforço;

Relaxação das armaduras - O aço de pré-esforço está sujeito a um nível elevado de tensões de tracção ao longo da sua vida útil apresentando alguma relaxação; Este fenómeno implica uma perda de tensão no aço quando submetido a uma extensão constante; O nível de relaxação das armaduras depende bastante do tipo de aço utilizado (alta ou baixa relaxação) e do nível de tensão aplicado.

4.2.15. MEDIÇÃO DE ALONGAMENTOS NOS CORDÕES DURANTE A INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO

A operação de pós-tensionamento deve ser constantemente monitorizada por um inspector/fiscal. Há duas informações básicas mas fundamentais que necessitam ser registadas: os alongamentos dos cordões e as pressões registadas pelo manómetro. Ambos irão dar uma indicação sobre se o cabo está a ser tensionado à força necessária pré-estabelecida.

A leitura do manómetro é uma medida directa da força aplicada pela unidade hidráulica e o alongamento dá uma indicação de controlo de como os cordões estão a ser tensionados. Os cordões são tensionados até uma força pré determinada, representando uma determinada força final na extremidade de tensionamento / ponto de ancoragem. O alongamento medido no mesmo momento é comparado com o alongamento teoricamente determinado.

Durante a aplicação de pré-esforço, as tolerâncias para a elongação são: 5% da força total especificada, ou de $\pm 10\%$ da força especificada para uma única armadura, caso contrário devem ser tomadas medidas, de acordo com especificações de projecto. [54]



Fig.4.36- Medição do alongamento

Quando um cabo é tensionado, uma parte da extensão do macaco é necessária para remover folgas. Esta situação dá uma falsa sensação de alongamento, que não deve ser incluída nas medições reais de

alongamentos. Por esta razão o primeiro passo é tensionar os cabos com uma força inicial de aproximadamente 20 % da força final para remover a folga. Deste ponto até 100% da força necessária, a extensão do macaco vai provocar os alongamentos efectivos aos cordões do cabo de pré-esforço.

A precisão da determinação do alongamento obtido durante a primeira etapa, ou seja, a tensão de até 20% da força do macaco, pode ser melhorada através do registo de alongamentos em leituras intermédias ao manómetro de 40%, 60% e 80% e os resultados de amostragem representados num gráfico. Idealmente, o gráfico deve ser uma linha recta.

Quando um cabo longo tem de ser tensionado, utilizando duas ou mais puxadas e quando o alongamento necessário é maior do que o curso disponível, os alongamentos intermédios devem ser registados

Os alongamentos podem ser medidos pela extensão do cilindro para além da base inferior do barril do macaco hidráulico (770mm da base do prato de ancoragem, face do betão ou 250mm da base do barril do macaco). Esta situação de medição só é aceitável quando é seguramente conhecido o deslize da cunha dentro da cabeça da ancoragem, como é o caso. Nesta situação, é medida a extensão do cilindro para dar o alongamento real dos cordões.

Alternativamente a este método, a medição de alongamentos pode ser feita num ponto directamente pela adição de um excerto à cauda de um cordão e efectuada a medição entre a ponta do cordão e a base inferior imóvel do barril do macaco hidráulico. Na verdade, a diferença entre estas medidas e a extensão do cilindro do macaco é o deslize das cunhas de fixação. Alternativamente, o alongamento pode ser medido também directamente da face do betão (prato de ancoragem) para uma marca na extremidade dos cordões de aço.

Pelo menos dois cordões de aço são seleccionados aleatoriamente e devidamente marcados. A situação ideal seria marcar os seis de forma a controlar escorregamentos. A marca pode ser a tinta ou um corte de serra efectuado na extremidade dos cordões para além da base do cilindro do macaco. A marca é colocada após 20% da força de tensionamento ter sido aplicada.

Como o macaco é bombeado hidráulicamente este vai distendendo, o que aumenta a distância, e as medições de alongamento são feitas apenas sobre um dos cordões marcados. Os restantes cordões marcados servem apenas para o caso de haver deslizamento do cabo a ser medido.

Quando o tensionamento atinge a carga total, com o alongamento dentro das tolerâncias definidas, o macaco é libertado e os cabos são ancorados por fixação às cunhas definitivas na cabeça da ancoragem.

4.2.16. ASSENTAMENTO DA ANCORAGEM

Quando um cordão foi tensionado à força pré-determinada e o macaco é libertado, as cunhas reentram e encravam-se na cabeça da ancoragem, fixando o cordão. Normalmente, a reentrada da cunha nos negativos da cabeça da ancoragem, e para os sistemas em utilização na estrutura em causa, é de 6mm.

Alguns macacos têm dispositivos para poder assentar as cunhas, antes da libertação da tensão. Isto permite compensar a perda de assentamentos extras nas cunhas. Além dos assentamentos das cunhas, há uma deformação elástica da cabeça da ancoragem que, no entanto, é relativamente pequeno em comparação com o assento da cunha. O conjunto destes efeitos dá pelo nome de assentamento da ancoragem. Representa a quantidade de cordão que se movimenta dentro da ancoragem, à medida que as cargas são transmitidas do macaco para os cordões. O assentamento das cunhas é medido durante a

instalação, usando as mesmas referências e marcas usadas nos cordões para o alongamento antes e após a libertação do macaco.

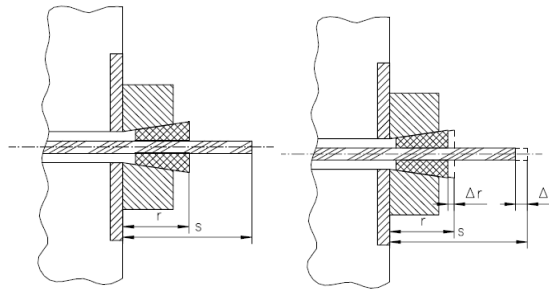


Fig.4.37- Teste de medição de assentamento antes (esquerda) e após (direita) a libertação do macaco [retirado de [61]]

4.2.17. DESLIZE DE CORDÕES

Ocasionalmente, durante o tensionamento, os cordões podem escorregar nas cunhas. Isso pode acontecer devido a vários motivos por exemplo, se a dimensão dos cordões, ancoragens e cunhas são incompatíveis e fora das tolerâncias exigidas pelo fabricante. O controlo de qualidade deste aspecto assume-se como fulcral para o correcto execução da operação – este controlo começa logo na produção das peças e equipamentos.

O deslize tem normalmente origem na sujidade e corrosão, localizado ou no exterior da cunha ou na mordaza – (prato de cunhas interno do macaco), impedindo que as cunhas tenham uma fixação correcta ao cordão. Na maior parte dos casos, uma adequada limpeza e manutenção da mordaza e das cunhas elimina este problema. Também pode acontecer, os dentes das cunhas da mordaza ficarem gastos.

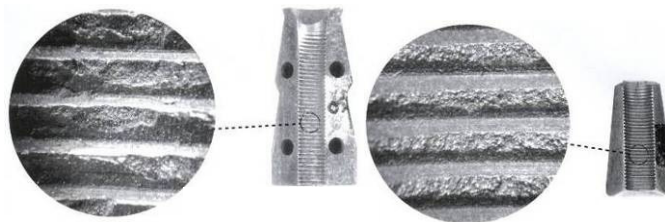


Fig. 4.38 - Limite de desgaste dos dentes das cunhas do prato de mordazas do macaco.

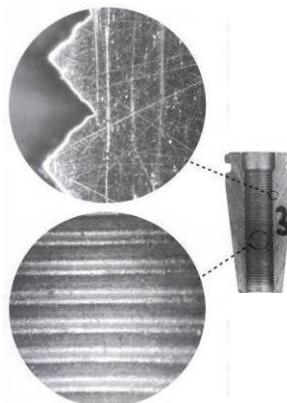


Fig. 4.39 – Dentes das cunhas intactos, ainda operacionais para tensionamento.

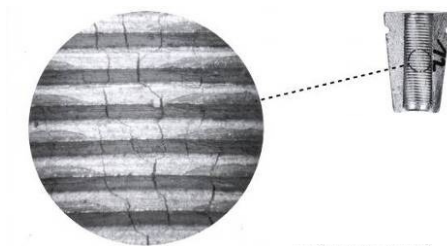


Fig.4.40 – Pequenas fissuras (tamanho de um cabelo) não são sinal para alarme, mas assim que estas aumentem deve-se proceder à sua substituição

4.2.18. CORTE DOS CABOS

As extremidades excedentárias dos cordões devem ser cortadas, imediatamente após se ter atingido os alongamentos e forças satisfatórias. Se existe qualquer dúvida que requeira confirmação através de um teste de pressão ou retensionamento, os cabos a confirmar deverão manter-se intactos.



Fig.4.41 - Processo de corte do comprimento excedentário dos cordões.

Os cordões deverão ficar com apróx. 20mm a 30 mm de ponta, nunca superior, isto de forma a permitir acomodar o capacete plástico para injeção de grout, que deve ser colocado imediatamente após o corte. Este só pode ser realizado por ferramentas de corte abrasivo e em nenhuma circunstância deverá ser usado chama/maçarico que podem alterar as características do aço e cunhas. Recentemente tem surgido no mercado cortadores de plasma, mas estes só poderão ser usados mediante aprovação especial pelo fiscal/inspector, dado serem ainda ferramentas recentes e de eficácia ainda não totalmente comprovada.

4.2.19. PROTOCOLOS DE PRÉ-ESFORÇO

Todas as informações relativas ao tensionamento de um cabo de pré-esforço, têm de ser registadas. Esta documentação é de extrema importância e fulcral quando ocorrem problemas durante a operação de tensionamento.

As seguintes informações devem ser incluídas nos relatórios:

- Identificação do cabo por exemplo, número do cabo, data da produção, número de lote do cabo, número de lote das partes constituintes (âncoras passivas e cunhas / Número da bainha, grupo e elemento onde está introduzido);

- Data e hora em que os cabos são tensionados;
- Informação sobre o fio utilizado para fabricar os cordões - como número do laminador (wire rod, heat number), número de lote da bobine do cordão;
- Identificação do número de série da unidade hidráulica (macaco de pré esforço, bomba hidráulica e unidade de leitura ou manómetro)
- O alongamento, força de macaco e pressão de manómetro necessários;
- O número das ancoragens activas, correspondente grupo e sequência de tensionamento
- As leituras de pressão manométrica na qual são feitas medições de alongamento. Importantes são as leituras iniciais e finais;
- Observações e quaisquer comentários sobre eventos que ocorreram durante a operação de tensionamento - como roturas de fio, escorregamento de cordões, sons estranhos etc...
- O nome do inspector/fiscal/supervisor e do chefe da equipa de pré-esforço.

4.2.20. OS TÉCNICOS E A FORMAÇÃO.

Os cabos de pré-esforço, são parte fundamental da estrutura de betão armado pré esforçado. Quando devidamente tensionados, irão garantir a integridade estrutural dos elementos de betão, evitando que se partam ou deteriore. Acontece que uma estrutura mal tensionada, parece-se exactamente como uma que tenha sido convenientemente tensionada. Neste sentido a forma de garantir o adequado tensionamento e a execução correcta das respectivas operações, é ter uma equipa experiente e devidamente treinada, acompanhadas por um inspector/fiscal dedicado ao controlo das operações.

As operações de pré-esforço devem ser consideradas como de alto risco. Os técnicos que manuseiam os equipamentos específicos de PT, têm de ter consciência dos riscos envolvidos e munir-se de todos os procedimentos que salvaguardem a sua integridade física. É raro, mas pode acontecer, os cordões partirem-se, as cunhas soltarem-se e nestes casos são libertadas grandes forças em fracções de segundos. Todas as pessoas no local da operação devem estar avisadas de que decorrem operações de pré-esforço através de sinalização eficiente, evitando a proximidade de pessoas às, zonas onde estão a ser realizadas operações de tensionamento de cabos!

4.3. INJECCÃO DOS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO NAS TORRES DE BETÃO PRÉ-FABRICADAS

Conforme já foi referido, actualmente é utilizada a tecnologia de pós-tensionamento interno aderente, o que significa que são injectadas caldas de cimento para a ligação dos cabos ao elemento de betão.

O objectivo principal da injeccção de grout nos cabos de pré-esforço, é proteger o aço contra a corrosão, através da aderência completa em torno deste de um meio alcalino, promovido pela calda de injeccção com o preenchimento de todas as cavidades das secções de betão. A calda de cimento após ganhar presa, vai proporcionar a aderência do aço de pré-esforço à componente de betão. O preenchimento de todas as cavidades, previne a penetração de água que poderá causar corrosão e a possível formação de gelo (em ambiente propício), do que pode resultar o rebentamento do elemento de betão.

A injeccção é uma operação delicada, onde surgem muitas dificuldades devendo ser cuidadosamente preparada no que se refere a equipamento, limpeza de bainhas, purgas, localização do equipamento, meios de recurso em caso de acidente, etc. Esta tem lugar, após a operação de pré-esforço das armaduras e preparação das ancoragens para a injeccção e requer uso de pessoal especializado perfeitamente conhecedor das condições específicas da obra, evitando-se a todo o custo improvisações.

A qualidade de uma operação de injeção, é conseguida através de um detalhe e descrição minuciosos, ao nível do projecto, uma cuidada escolha de materiais base (água, cimento e adjuvante), critério de mistura, relação A/C, consistência das propriedades do grout, um nível alto de controlo de qualidade, uso adequado de procedimentos adaptados à especificidade de materiais e equipamento, respectivos requerimentos de produção e metodologias e sequência de testes para cada parâmetro a verificar.

Estas operações são muito exigentes e rigorosas, tendo de ser realizadas no final da execução da estrutura, habitualmente na fase da obra em que há muita pressão para o cumprimento de prazos, devendo ser tomados todos os cuidados indispensáveis, de modo a assegurar o êxito dos trabalhos.

4.3.1. MATERIAIS

Uma calda de injeção (grout) de acordo com a NP EN 446:2003, é uma mistura homogénea de cimento Portland, água, e adjuvantes. O cimento utilizado, e de acordo com a NP EN 934-4 2003 é do tipo CEM I, classe de resistência 42,5, satisfazendo a EN 197-1, teor de C3AQ em massa entre 7% e 11%, calculado a partir da análise química segundo a EN 196-2, e superfície específica entre 320 m²/Kg e 400 m²/kg determinada segundo a EN 196-6.

A água deve satisfazer a pr EN 1008. Por norma é utilizada água potável transportada em recipientes limpos. A razão água/cimento que garanta a fluidez normativa não deverá ultrapassar 0,42. O adjuvante deverá ser testado laboratorialmente, conjuntamente com o cimento, de acordo com a sua dosagem de conformidade.

De forma a assegurar as propriedades pré requeridas do *grout*, o cimento e adjuvantes deverão ser usados no limite máximo após 6 meses da data de fabricação. Para o armazenamento no exterior, o limite deverá ser no máximo de 1 mês.

4.3.2. PREPARATIVOS DA INJEÇÃO

Antes de se iniciar o processo de injeção de calda, deve-se fazer a verificação se toda a documentação está completa, e inspeccionar os materiais de injeção necessários fornecidos, relativamente à sua qualidade e quantidade. Confirmar se o pré-esforço está completo e os relatórios aceites pela Fiscalização, assegurar também se são cumpridas as determinações ou instruções especiais de trabalho transmitidas pela supervisão / Fiscalização. Realizar os preparativos necessários, verificar se o equipamento e acessórios se encontram em boas condições, se a água sob pressão e compressor se encontram junto dos trabalhos, já que estes constituem elementos essenciais à manutenção e limpezas finais dos equipamentos. Existência de pessoal especializado e auxiliares em número suficientes.

Deve ser consultada a planta de posicionamento dos cabos de pré-esforço para verificar a posição das extremidades superiores e inferiores e a numeração dos cabos de pré-esforço.

No espaço de pré-esforço (cave da fundação), deve-se escrever esses números nas extremidades inferiores dos cabos de pré-esforço para sua posterior mais fácil identificação e registo. Verificar a livre passagem de ar nas bainhas e nas purgas. Não é necessário verificar se os tubos estão desobstruídos, uma vez que o controlo é contínuo durante a montagem da torre. Colocação das protecções de plástico nas extremidades superiores (ancoragens fixas) para evitar um transvasamento da calda de injeção e assim permitir a selagem desta zona.

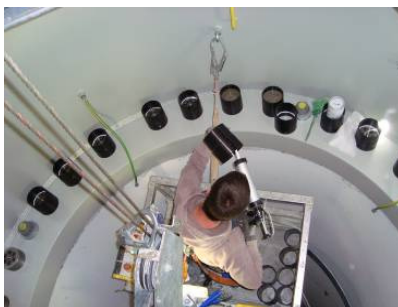


Fig.4.42- Introdução das protecções de plástico

Se forem utilizados sensores para verificar o nível de enchimento, colocá-los directamente sobre as aberturas de saída da calda.

Escolher a melhor posição da máquina de injeção, tendo em conta o ponto de injeção, as barreiras físicas no exterior e a direcção do vento. Durante as operações de injeção o pessoal deverá estar protegido com óculos, luvas e aventais ou fatos protectores. O responsável pela injeção deve verificar e registar todos os dados necessários (tais como temperaturas do cimento, ar e obra) de acordo com a NP EN 446.

4.3.3. OPERAÇÃO DE INJEÇÃO

A operação de injeção começa com os preparativos já atrás indicados no que se refere a equipamento, materiais, pessoal e localização da zona de trabalho.

4.3.3.1. Preparação do sistema de mistura e injeção

O sistema de mistura e injeção, produz uma suspensão coloidal homogénea a partir de componentes líquidos e sólidos, que é colocada dentro de um recipiente de mistura e que é transportada por uma bomba de pistões. Este sistema é constituído por duas cubas. Numa das cubas é fabricada a calda em mistura a alta velocidade passando em seguida à segunda cuba onde a calda é apenas agitada e daí sendo injectada pela bomba de pistões. Habitualmente, a ordem de entrada dos componentes na primeira cuba é: água, cimento e adjuvante.

Deve verificar-se o sistema de injeção, bem como todas as mangueiras de pressão e conexões usadas, de forma a detectar-se eventuais fugas, danos, desgastes, sujidades, etc.

Antes de se proceder à mistura, deve-se realizar um teste com água na injectora. Só depois de verificar a livre saída da água é que se deve ligar a mangueira da bomba ao dispositivo da ancoragem no ponto de entrada.

Verificar o funcionamento da misturadora, da bomba e do recipiente com sistema misturador e filtro, incluindo as mangueiras de pressão e válvulas de fecho. No lado da pressão, deve-se usar a pressão máxima necessária para injectar a calda +25%. Assumir 2,5 bar por cada 10m de coluna de injeção vertical.

Antes de injectar o primeiro tubo de pré-esforço, assegurar que não há vestígios de água residual do ensaio previamente realizado em todo o sistema.



Fig.4.43 – Processo de mistura e início da injeção

4.3.3.2. Processo de injeção

Os cabos de pré-esforço são injectados com calda, desde as extremidades inferiores (pontos de ancoragem na cave da fundação) até ao ponto de saída nas extremidades superiores (ancoragens fixas ou níveis intermédios). A injeção deve ser contínua sem interrupções para que o *grout* flua continuamente desde o ponto de entrada até ao ponto de saída.



Fig.4.44– Válvulas de injeção

Prepara-se a mistura inicial introduzindo uma razão de água-cimento de 0,33, com um tempo de mistura de 90 segundos. Em seguida, executam-se e documentam-se os primeiros ensaios de acordo com a NP EN 445 (tais como a verificação do tempo de imersão, as temperaturas da calda de injeção, a produção de provetes, etc.)

Regular as restantes misturas para apróx. 50 - 60 segundos (NP EN 445), ajustando a razão de água cimento até máx. de 0,44 (NP EN 447, ponto 5). Verificar se a temperatura de injeção é $< 35^{\circ}\text{C}$ (NP EN 446) e ajustar através de arrefecimento, alteração dos tempos de mistura, etc. Ligar a bomba, provocando a entrada de calda no interior da bainha até à base inferior da ancoragem fixa (extremidade superior), deixar sair calda pelas zona de saída na ancoragem fixa, desligando a bombagem imediatamente a seguir, passando-se para o próximo ponto de injeção.

Fechar a entrada desligando a mangueira. O operador deverá estar atento à pressão indicada no manómetro. Aumentos de pressão alertam para problemas, normalmente bloqueios nas bainhas.

A taxa da velocidade óptima de injeção, está directamente relacionada com a pressão da bombagem e depende da temperatura do ar ambiente, da temperatura do *grout*, do tipo de cimento e adjuvante, da dimensão do ducto e da quantidade de aço dentro deste, da superfície do perfil do ducto, e da dimensão do sistema de bombagem.

Deverá manter-se a velocidade de injeção da calda no interior das bainhas, o mais uniforme possível sendo de 6 a 12 m/minuto a gama de velocidades que conduzem a melhores resultados.

A experiência e a capacidade de decisão no momento da operação é fulcral para a aferição de uma pressão adequada, para o bombeamento a uma taxa aceitável e ao mesmo tempo limitá-la de modo a não haver segregação da calda, rotura dos ductos, rebentamento de mangueiras da máquina injectora, ou das válvulas de entrada ou rebentamento das secções de betão. Se a pressão de injeção ultrapassar o máximo permitido, deverá ser feito o corte da injeção. A válvula de entrada será fechada e procede-se para o ponto de injeção seguinte.

Devem-se registar continuamente os tempos de injeção e a quantidade aproximada de calda usada para cada cabo de pré-esforço.

Deve-se sempre garantir que não entra ar nos tubos injectados. Por este motivo, deve-se certificar que existe sempre quantidade suficiente de calda dentro do recipiente da misturadora. Caso necessário, desliga-se a bomba por breves instantes, até estar disponível uma quantidade suficiente de calda.

Durante o processo executa-se e documentam-se os ensaios previstos na NP EN 445, durante e no final do processo de injeção, (tais como o tempo de imersão, temperaturas da calda de injeção, produção de provetes para a resistência à compressão, alteração de volume, etc.).

Após endurecimento da calda de injeção dentro dos tubos, retirar toda a água segregada nas extremidades superiores (pela abertura central da ancoragem fixa ou no bypass do funil do tubo) e injectar calda até aprox. 4 cm abaixo do topo da protecção de plástico. Cobertura de betão $c_{min} \geq 10\text{cm}$.



Fig.4.45- Pontos de selagem concluídos

Após a conclusão da operação de injeção devem-se seguir todas as instruções referentes à manutenção do equipamento de injeção após cada operação, devido à especificidade do material de injeção (grout) que, se endurecer dentro do sofisticado mecanismo de bombagem, poderá danificar permanentemente a máquina injectora.



Fig.4.46- Manutenção e limpeza da máquina injectora

4.3.4. PESSOAL E FORMAÇÃO DA INJECCÃO DE CONDUTAS DE PÓS-TENSIONAMENTO

Todos os documentos internacionais de boas práticas da especialidade têm um tema comum subjacente. Que a injeccão das bainhas de sistemas de pós-tensionamento aderente necessita de ser executado adequadamente por técnicos devidamente treinados e formados, acompanhados de supervisão dos trabalhos por pessoas com experiência. A garantia da qualidade da injeccão só pode ser conseguida com experiência, técnicos qualificados e bem treinados. A maioria das empresas de pós-tensionamento, operam já com sistemas de formação de garantia da qualidade (QA) e, em alguns países, exigem mesmo que estes sistemas sejam certificados.

Estes sistemas de certificação estão a generalizar-se na Europa, baseando-se no novo processo de normalização de pós-tensionamento e certificação de fornecedores de sistemas de pós tensionamento, passando a certificação a ser um requisito obrigatório exigido pela Aprovação Técnica Europeia (ETA). Associado à certificação ETA de sistemas de pós-tensionamento, passou também a ser um requerimento indissociável, que os sistemas de pós-tensionamento, instalados pelas empresas especialistas, sejam aprovados e empreguem técnicos devidamente qualificados. [60]

4.3.5. ENSAIOS E NORMAS

As caldas de injeccão para armaduras de pré-esforço, têm de estar de acordo com as normas seguintes: NP EN 445 Caldas de injeccão para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio (2008); NP EN 446 Caldas de injeccão para armaduras de pré-esforço. Procedimentos de injeccão (2008); NP EN 447 Caldas de injeccão para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes (2008)

Segundo estas normas as caldas de injeccão devem satisfazer requisitos relativos a:

- **Fluidez/imersão:** indicador da qualidade e trabalhabilidade do grout, este teste é importante na medida que assegura o completo enchimento do ducto;
- **Exsudação,** considera-se importante no sentido de se limitar a existência de água livre dentro do ducto ou que qualquer segregação seja reabsorvida pela calda;
- **Variação de volume,** serve para verificar e garantir a envolvimento do cabo dentro do tubo pelo grout;
- **Resistência,** tem como função medir a qualidade da calda relativamente à sua aderência e às tensões tangenciais.

Ensaio de fluidez: Durante o período de injeccão a fluidez deve ser suficientemente elevada, de modo a permitir uma injeccão eficaz e adequada de forma a encher a bainha, mas suficientemente baixa para expulsar todo o ar e eventual água da bainha [61]. Este ensaio efectua-se por determinação do tempo de percurso (segundos) de uma sonda através de uma determinada quantidade de calda, colocada num tubo vertical. O tubo é cheio com aproximadamente 1,9 litros de calda e é colocada a sonda de modo que fique imersa na calda na parte superior do tubo de tal modo que a bitola de madeira assente no bordo do tubo, sustente o travão da extremidade superior da guia. O tempo de percurso é contado a partir do momento em que se retira a bitola e a sonda começa a descer.

As caldas com uma razão a/c mais baixa irão tipicamente ter tempos de fluidez maiores do que razões a/c superiores, para o mesmo grout e dentro das mesmas condições de teste. Os tempos admissíveis são os dados pela norma e evidenciados nos protocolos de ensaio.

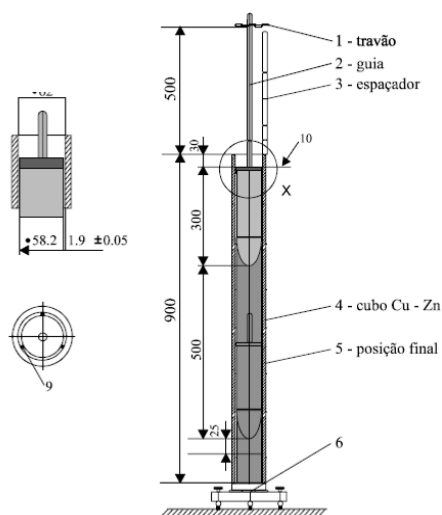


Fig.4.47 – Esquema do dispositivo de ensaio de viscosidade



Fig.4.48 – Realização de ensaio de viscosidade

Ensaio de exsudação: A exsudação das caldas de injeção deve ser suficientemente baixa para evitar a segregação e a sedimentação. O ensaio da exsudação consiste na medição da quantidade de água que reflui á superfície ao fim de 3 horas, sendo impedida a evaporação [62]. As dimensões do provete cilíndrico graduado transparente indicam um diâmetro 25 mm e uma altura 250mm (graduada em ml) ou diâmetro 50 mm e altura 200mm (graduada em mm)

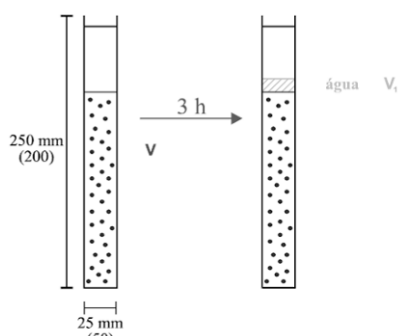


Fig.4.49 – Realização de ensaio de exsudação

Para a proveta de 25mm de diâmetro, verter 95 a 100ml de calda no provete e medir o nível V. Tomando medidas que impeçam a evaporação medir, três horas mais tarde, a quantidade de água á superfície da calda (V_1).

Para o provete de 50mm de diâmetro, verter a calda no provete aproximadamente até a altura de 150mm e proceder da mesma forma. (± 100 ml se $\varnothing 25$ e até ± 150 mm se $\varnothing 50$). A exsudação é expressa em percentagem por:

$$\Delta E = \frac{h_1}{h} \times 100\% \quad (1)$$

A média dos três resultados de exsudação não deve ser superior a 0,3 % do volume inicial da calda de injeção, após 3 horas em repouso. [61]

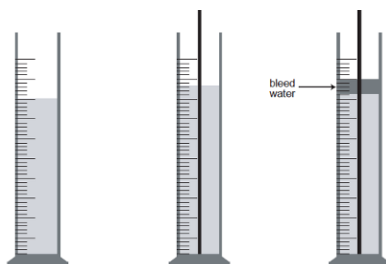


Fig.4.50 -ensaio de exsudação.

Ensaio de variação de volume: A variação de volume tanto pode ser um aumento como uma diminuição. Para caldas de injeção que contenham agentes expansivos, não se deverá registar diminuição de volume. [61]

O ensaio da variação de volume consiste na determinação da variação de volume ao fim de 24 horas e permite determinar principalmente a variação de volume causada por sedimentação ou expansão. Existem dois métodos designados por método da proveta cilíndrica e método do recipiente, para a injeção das torres de betão dos aerogeradores é adoptado o método do provete cilíndrico. Neste método, aproveita-se o provete cilíndrico de 50mm de diâmetro e 200mm de altura usado no ensaio da exsudação.

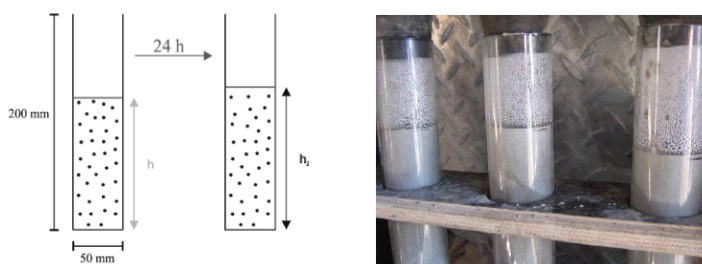


Fig.4.51- Método do provete cilíndrico – Ensaio de variação de volume

O provete é cheio com calda até um nível h , 24 horas depois é medido a altura h_2 . A variação de volume é dado pela seguinte fórmula expressa em percentagem:

$$\Delta V = \frac{h_2 - h}{h} \times 100\% \quad (2)$$

A variação de volume, tanto pode ser um aumento como uma diminuição e é medida pela diferença, em percentagem do volume da calda, entre o início e o fim do ensaio. O ensaio mede principalmente a variação de volume provocada por sedimentação ou expansão. A variação do volume das caldas de injeção, após 24 horas em repouso, deve situar-se entre -1 % e + 5 %. [61]



Fig.4.52 – (a) preparação do ensaio e (b) medição da variação de volume

A **temperatura** do *grout* é crítica para a operação da injeção. A temperatura ambiente máxima e mínima deve ser registada. O mesmo registo deve ser efectuado para a temperatura da estrutura adjacente. Nenhuma injeção deve ser realizada se a temperatura da estrutura adjacente às armaduras de pré-esforço for inferior a 5° (temperatura especificada pelo produtor, a norma refere 3° C), ou seja, é expectável que venha a acontecer nas 48 horas seguintes. Também não deve ser feita nenhuma injeção se a temperatura da estrutura adjacente às armaduras ser superior a 35°C. [62]

Ensaio da resistência à compressão: Este ensaio pode ser realizado segundo as normas referidas, em 6 meios prismas resultantes do ensaio à flexão ou cilindros de 100mm de diâmetro e 100mm de altura, ou ainda, em determinadas situações provetes cúbicos. Neste caso são adoptados provetes com 100X100X100 mm³.

A resistência à compressão das caldas de injeção, de acordo com a EN 445, não deve ser inferior a 30 MPA aos 28 dias ou a 27 MPa aos 7 d, nos casos em que se pretende estimar a resistência provável aos 28 dias a partir da resistência aos 7 dias. [63]



Fig.4.53– Recolha de provetes para ensaio de resistência à compressão

4.3.6. ANOMALIAS DECORRENTES DA OPERAÇÃO DE INJEÇÃO

A Lei de Murphy, segundo o qual se alguma coisa tem de correr mal, vai correr mal de certeza, da pior forma possível e num momento jamais imaginado, aplica-se perfeitamente à operação de Injeção. As anomalias são frequentes, havendo já alguma experiência na resolução ou minimização

das variáveis que conduzem aos problemas, sendo muito comuns as relacionadas com o equipamento, bloqueios nas bainhas, fugas de calda por fissuras, etc. Sempre que uma anomalia surge durante a injeção de uma bainha, e não se consegue remediá-la em tempo oportuno deve proceder-se de imediato à remoção da calda da bainha. Não se deve reutilizar calda saída das purgas nem aplicar calda com demasiado tempo de fabrico, porque poderá originar problemas de sedimentação e consequentes bloqueios.

4.3.6.1. Procedimentos em caso da avaria do equipamento de injeção

Basicamente, o complexo sistema de mistura e injeção pode avariar a qualquer momento durante o processo de injeção de calda. Para proteger este equipamento caro e assegurar uma injeção correcta e contínua dos tubos, devem documentar-se todas as falhas e avarias no diário de construção.

No caso do rebentamento de mangueiras de pressão, deve-se retirar a mangueira do cabo de pré-esforço e deixar circular a calda de injeção pelo seguinte circuito: recipiente da misturadora → bomba → recipiente da misturadora. Injectar apenas água na misturadora. De seguida vedar o tubo de pré-esforço com uma válvula de fecho, substituir as mangueiras e, antes de voltar a efectuar a ligação ao tubo, assegurar que não há ar ou água nas mangueiras. Por experiência a injeção pode ser reiniciada sem problemas após um período de paragem de no máximo de 20 a 30 minutos.

No caso de falha no sistema de mistura e injeção superior a 30min, deve-se retirar a mangueira do tubo de pré-esforço e bombear a totalidade da calda de injeção para fora. Limpar e lavar imediatamente com água todo o equipamento, mangueiras e acessórios. Abrir a válvula de fecho do cabo de pré-esforço e esvaziar cuidadosamente a calda de injeção para a cave da fundação. A seguir, desapertar a válvula de fecho e assegurar que a extremidade inferior não está obstruída com restos de calda para reiniciar o processo de injeção.

4.3.6.2. Fissuras no elemento de betão e derrames

No caso de surgirem **pequenos vazios**, retirar a mangueira do cabo de pré-esforço e deixar circular a calda de injeção pelo seguinte circuito interno: recipiente da misturadora para a bomba e desta para as mangueiras de pressão. Injectar apenas água na misturadora. Vedar o tubo com a válvula de fecho. A experiência mostrou que o endurecimento da calda preenche pequenos vazios e que a injeção de calda pode ser reiniciada novamente após um período de paragem de aproximadamente 20 a 30 min.

No caso de surgirem **vazios grandes**, que não se preenchem sozinhos, deve retirar-se a mangueira do cabo de pré-esforço, abrir a válvula de fecho e esvaziar-se cuidadosamente a calda de injeção para a cave da fundação. Desapertar a válvula de fecho e assegurar que a extremidade inferior não está obstruída com restos de calda para reiniciar o processo de injeção. Encher o vazio com material apropriado.

4.3.6.3. Segregação de Água

A segregação de água, já abordada no ensaio de exsudação, é a água que resulta da separação da calda enquanto esta ainda não ganhou presa. É o resultado das propriedades de sedimentação dos materiais constituintes da calda, permitindo que a água se separe e suba à superfície. A ocorrência de segregação de água é em função da proporção de água/cimento da mistura e mistura incompleta ou inadequada. Quanto maior a taxa de água/cimento mais provável é a ocorrência de acumulação de

água segregada. Normalmente esta água ou evapora ou pode ser removida da superfície. Como os sistemas de PT, são sistemas fechados, no caso das torres de betão serem sistemas verticais a água poderá não conseguir sair, e tentará fluir até à superfície, podendo ficar obstruída, criando bolsas intermédias.

4.3.6.4. Negativos

Durante o processo de cura do grout a água segregada poderá ser reabsorvida, levando à criação de negativos onde esta se acumulou. Estes negativos são de elevada preocupação, pois podem permitir a intercomunicação, sendo um canal para o transporte de contaminantes para dentro das bainhas. No caso da torre de betão vertical, o risco de existência de contaminantes é muito raro mas está sempre sujeita às humidades, e portanto estes negativos têm de ser evitados, exigindo um controlo rigoroso do processo de injeção.

Estes negativos podem ter outras origens, como por exemplo ductos mal ventilados, promovendo bolsas de ar sem possibilidade de saírem. Como já foi referido, a injectora pode bombear ar para dentro das bainhas, bombagem a alta velocidade provoca turbulência e criação de bolhas de ar na calda.

4.4. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE PRÉ-ESFORÇO

Nos últimos anos, várias inovações foram desenvolvidas a fim de proporcionar melhoramentos nos sistemas de pós-tensionamento.

Dentro destas inovações estão as bainhas em PEAD que permitem um melhor encapsulamento dos sistemas aderentes, melhorando a acção contra derrames e fugas de *grout* comparativamente com a tradicional bainha de fita de aço.

Para além de reduzir os vazamentos das caldas, estas bainhas de plástico associadas a sistemas de cordões com sistemas de isolamento eléctrico EIT (electrically-isolated prestressing tendons), constituem uma grande vantagem na medida que permitem a monitorização do preenchimento e a detecção de eventuais problemas associados durante toda a vida útil das armaduras de pré-esforço. Uma simples medição da resistência eléctrica entre os cordões e a estrutura permite verificar a intocabilidade do encapsulamento e aderência, em qualquer altura.

A completa aderência dos cordões de pós-tensionamento em sistemas de bainhas plásticas e com estes dispositivos de medição eléctrica são considerados um importante avanço na tecnologia para atingir uma durabilidade confiável a longo prazo dos cordões de pós tensionamento.

4.5. PÓS-TENSIONAMENTO ADERENTE E NÃO ADERENTE

Como alternativa aos sistemas de pós-tensionamento aderentes, existem como já foi referido os sistemas externos não aderentes. Trata-se cordões de sete fios revestidos a epoxy e protegidos a nível intersticial entre o revestimento e o cordão, untado com material oleoso protector anticorrosivo. Os cordões são instalados fora da estrutura e não existe ligação nenhuma com a estrutura excepto na zona de deflexão e nas ancoragens. As forças solicitadas pelas armaduras são apenas transferidas à estrutura nas zonas de deflexão e de ancoragem.



Fig. 4.54 - Cordões de pré-esforço com manga de epoxy e lubrificante anticorrosivo para sistemas de Pt não aderente

Resumidamente as vantagens dos sistemas de PT externo não aderente são:

- A aplicação do pós-tensionamento externo não aderente pode ser combinado com uma ampla gama de materiais de construção, como aço, madeira, betão, estruturas compósitas e de materiais plásticos; Isso permite alargar consideravelmente o âmbito das aplicações do pós-tensionamento;
- Devido à localização e acessibilidade dos cabos, facilmente se realizasse a monitorização e manutenção comparativamente ao sistema PT interno aderente;
- A estes sistemas pode-se teoricamente ajustar as forças de pré-esforço durante a sua vida útil; Apesar de se ter vindo a constatar ultimamente que a aplicabilidade desta operação incorre em vários problemas e dificuldades;
- Permite facilitar os trabalhos de betonagem das estruturas e de instalação dos cabos, pois estes podem acontecer de forma independente uma da outra;
- As armaduras de pré-esforço podem ser dimensionadas para poderem ser facilmente substituídas ao longo da vida útil da estrutura.

Em contraposição e relativamente aos sistemas aderentes as vantagens são:

- A protecção anticorrosiva é activa através da passivação das armaduras pelas caldas de cimento.
- A aderência dos cordões à estrutura permite um aumento significativo das forças de pré-esforço e ao aço atingir uma taxa máxima de esforço;
- O sistema de pré-esforço aderente também é redundantemente benéfico para a estrutura onde se insere, um defeito local permanece local, e não afecta a força dos cordões ao longo do seu comprimento;
- As caldas de injeção são economicamente mais viáveis motivadas pelo material de protecção; A compatibilidade dos *grouts* e dos aços de pré-esforço neste tipo de estruturas tem sido comprovada ao longo dos tempos.

4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de instalação integral de um aerogerador destas características, desde a produção de todos os componentes, que vão desde a torre em betão, passando pelos equipamentos eléctricos, à montagem propriamente dita, onde também se inserem estas operações de pré-esforço, envolve uma complexidade de tarefas, meios humanos, equipamentos e funções, articuladas por uma organização tecnológica multidisciplinar, com um controlo necessário extremamente rigoroso.

O pós-tensionamento cujos conteúdos abordados ao longo deste capítulo serviram de base para estruturar os procedimentos, metodologias e formas de actuação da entidade responsável pelo controlo de conformidade no processo de instalação, aplicação de pós-tensionamento e injeção de caldas de cimento, contribuiu para a estruturação e elaboração das fichas de verificação de conformidade, alvo de análise nos capítulos seguintes.

4.7. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Com o seguinte quadro pretende-se reunir resumidamente todos os documentos legislativos e normativos relevantes, que regulam, aprovam e certificam as operações de pré-esforço.

Quadro.4.3 - Legislação e normas aplicáveis

Norma	Designação
Projecto Fabrico Aplicação	
ETAG 013 Edition June 2002	Guideline for European Technical approval of Post-Tensioning kits for Prestressing of Structures
CWA 14646:2003	Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personnel
NP ENV 1992:2002	Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão.
REBAP	Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré esforçado; Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho.
EU Directive 89/106/EEC	Marking of Construction Products
NP ENV 13670-1:2007	Execução de Estruturas em betão. Parte1:regras gerais
NP ENV 13670-1:2007 EMENDA 1:2008	Execução de Estruturas em betão. Parte1:regras gerais
NP EN 523 2005	Bainhas de aço para armaduras de pré-esforço. Terminologia, requisitos e controlo e qualidade
Aços	
pr EN 10138 -2:2004	Prestressing steels
LNEC E 452-2004	Documentação Normativa Especificação Lnecc – Fios de Aço para pré-esforço – Características e ensaios
LNEC E 453-2002	Documentação Normativa Especificação Lnecc - Cordões de aço para pré-esforço. Características e ensaios.
ISP 15630-3:2002	Steel for the reinforcement and prestressing of concrete – test methods
Euronorm 138/79	Armatures de précontrainte
Caldas de Injecção	
NP EN 445:2008	Caldas de injecção para armaduras de pré-esforço – Métodos de ensaio.
NP EN 446:2008	Caldas de injecção para armaduras de pré-esforço – Procedimentos para Injecção.
NP EN 447:2008	Caldas de injecção para armaduras de pré-esforço – Especificações para caldas correntes”
NP EN 206 –1:2007	Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade
NP EN 13791:2008	Avaliação da resistência compressão do betão nas estruturas e em produtos pré-fabricados
NP EN 934-4:2008	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injecção – Parte 4: Adjuvantes para betão – Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.
LNEC Especificação E 374:1993	Adjuvantes para argamassas e betões, características e verificação da conformidade
NP EN 2065:1991	Cimentos. Condições de fornecimento e recepção
LNEC Especificação E 329-1979	Cimentos. Determinação dos tempos de presa

NP EN 196-1: 1996	Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas
NP EN 480-6: 1998	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 6: Análise por espectrofotometria de infravermelhos
NP EN 480-8: 1998 -	Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Métodos de ensaio. Parte 8: Determinação do teor de resíduo seco
Água para Amassadura	
NP EN 1008:2003	Água de amassadura para betão. Especificação para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água. Incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para fabrico de betão
LNEC Especificação E 372-1993	Água da amassadura para betões. Características e verificação da conformidade

5

O PROCESSO DE CONTROLO DE CONFORMIDADE DA INSTALAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO

5.1. AS FASES DE FABRICO E CONSTRUÇÃO

A garantia da correcta instalação de um sistema de pré-esforço implica que, para além do domínio do processo tecnológico, seja necessária uma coordenação e controlo sem muito espaço para a existência de erros ao longo de todas as fases do processo, desde a recepção de materiais, até à experiência na utilização dos instrumentos e equipamentos, passando pela evidência dos ensaios exigidos até à entrega final dos trabalhos.

A dimensão do processo e a exigência tecnológica para a instalação completa de um aerogerador, em todas as fases do processo das especialidades envolvidas, têm o mesmo grau de exigência em termos de controlo de conformidade. Resulta naturalmente, que a acção de preparação de cada fase tenha maior importância que a acção de verificação final, pelas razões óbvias, de que é mais favorável executar bem, perdendo-se algum tempo na preparação, do que executar rápido com eventuais consequências em reparações.

Existem duas fases distintas na concepção do aerogerador, que o distingue do processo de construção civil propriamente dito (por comparação com um edifício de habitação), a existência de uma fase integrada de produção industrial de todos os componentes do aerogerador, sejam eles da torre onde se insere o aerogerador, do rotor, das pás, aos elementos mecânicos e eléctricos e a existência de uma fase de instalação e montagem no local da obra.

Resumem-se na figura 5.1 as fases de fabrico e instalação mais importantes do aerogerador, centradas na operação de pré-esforço. Não foram incluídos no esquema a produção das componentes, pás, elementos mecânicos e eléctricos, o que obrigava a uma extensão considerável da descrição do processo, não fundamental para este trabalho.

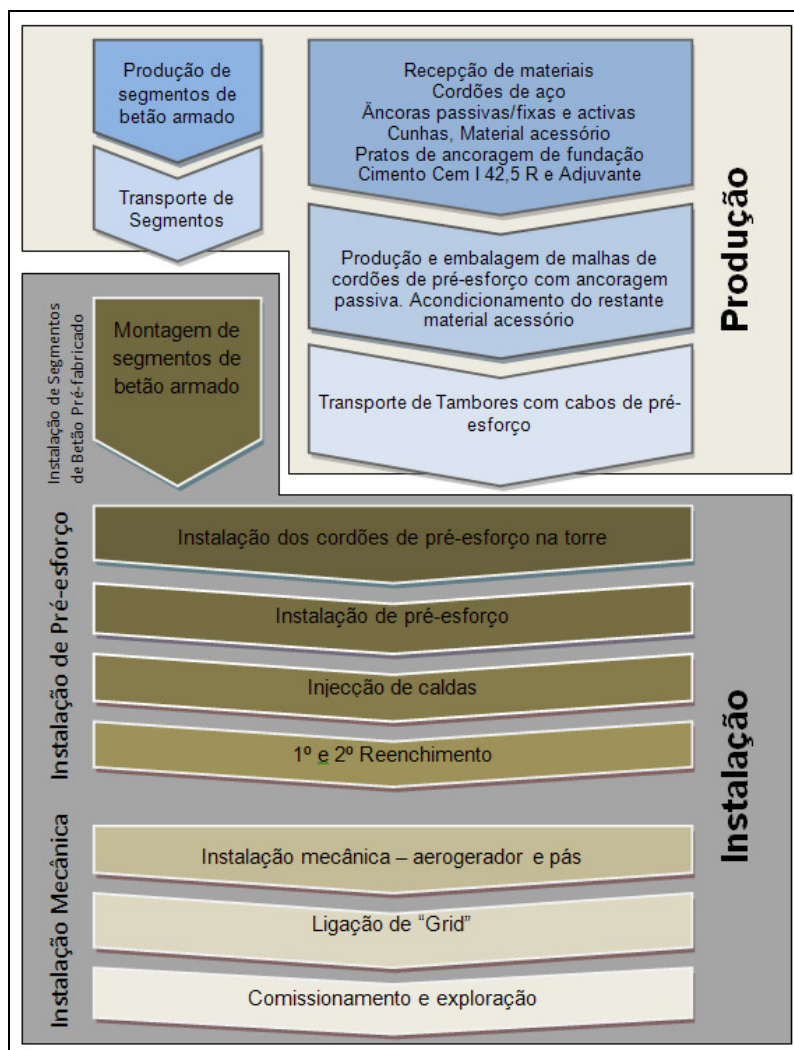


Fig.5.1 – Processo de produção e instalação de um Aerogerador

A fase de recepção de materiais de pré-esforço, constitui por si só um marco no processo de controlo, quer de componentes quer de matéria-prima. O controlo ao abrigo de um processo de qualidade no início da produção em fábrica, não invalida uma reconfirmação na fase de instalação, até porque durante o decurso que intermedeia as várias fases, após o primeiro controlo de conformidade, os trabalhos a executar poderão ser foco de potenciais alterações das características dos materiais.

A recepção de materiais de pré-esforço apresenta características especiais e exigentes que ao abrigo das normas vigentes, assim o obrigam. São efectuados na Europa, tendo em conta o previsto na ETAG13 que obriga à certificação de todos os componentes individuais dos sistemas de pré-esforço.

Os materiais recepcionados, têm de ser alvo de verificação pelo responsável pelo controlo de qualidade, com a constatação de que o que foi adquirido é o que está a ser recebido. Independentemente de os fornecedores serem pré-qualificados ao abrigo das certificações, quer dos sistemas, quando se trata de componentes de PT, quer de homologações dos materiais principais, como os cordões de aço, cimento ou adjuvantes.

No processo de produção a exigência da permanência em número de pessoal qualificado e com experiência compatível com as tarefas a desenvolver têm de ser asseguradas. Todos os documentos e instruções de trabalho actualizados têm de estar acessíveis a todos os técnicos e operários envolvidos

no processo. Os equipamentos têm de se encontrar inspeccionados e com validades de inspecção actualizadas. A gestão de stocks revela-se também extremamente fundamental, quer pelas garantias das condições de armazenamento e integridade das características dos materiais e produto final (ex. armaduras de Pós-Tensionamento), quer pelas morosidades e dificuldades dos processos de logística e transporte que tem de ser alvo de verificação, antes e após implementação.

A instalação propriamente dita requer particular atenção e é a mais exigente em termos de controlo. Trata-se de uma linha de montagem no exterior de elementos pré-fabricados de praticamente todo o aerogerador, muito próximo das características do ambiente industrial mas com uma mobilidade que exige uma coordenação eficaz das diferentes equipas multidisciplinares, e de todos os meios envolvidos. Acresce que o pré-esforço, para além das preocupações de conformidade das suas operações, tem de laborar no seu espaço e no tempo em perfeita sintonia com os encadeamentos das operações que o antecedem, se sobrepõem e o precedem. Por exemplo, a montagem da torre e do rotor/pás envolve a deslocação de equipamento de grandes dimensões (grua de 500 a 1000 T, e diversos contentores numa plataforma de trabalho reduzida em área, e no espaço de uma semana podem acontecer diversas grandes movimentações, o que implica um planeamento rigoroso e uma permanente coordenação das tarefas envolvidas.



Fig. 5.2- Reduzidos espaços na plataforma de trabalho

Com este objectivo, o de alcançar o melhor produto final, na salvaguarda dos interesses do dono da obra/cliente final, a intervenção na articulação dos intervenientes, nas directrizes de controlo e na difusão do conhecimento dos processos, procedimentos e da forma de execução com sucesso, a entidade responsável pela fiscalização ou controlo de conformidade, desempenha um papel fulcral desde o início até ao fim do processo de construção deste equipamento.

5.2. FLUXOGRAMAS DE ACTIVIDADES

Com a identificação da metodologia do processo de pós tensionamento bem definido e a cadência das suas fases, importa definir e pormenorizar a abordagem a adoptar para as actividades e procedimentos de controlo de conformidade. A melhor forma de garantir a optimização do desempenho do controlo de conformidade conferindo uma dimensão preventiva, reside na criação de uma base de dados tipo *check-list* para cada uma das operações a executar, de modo a que o técnico responsável pelo controlo, possua, não só elementos fiáveis e parametrizados de inspecção e ensaio, mas também tecnicamente abrangentes que permitam instrumentalizar o domínio técnico das actividades e operações. A materialização desta base de dados, através dos principais processos, pode ser concretizada através de fluxogramas. É nesta fase que se evidencia um dos aspectos mais importantes deste trabalho através da

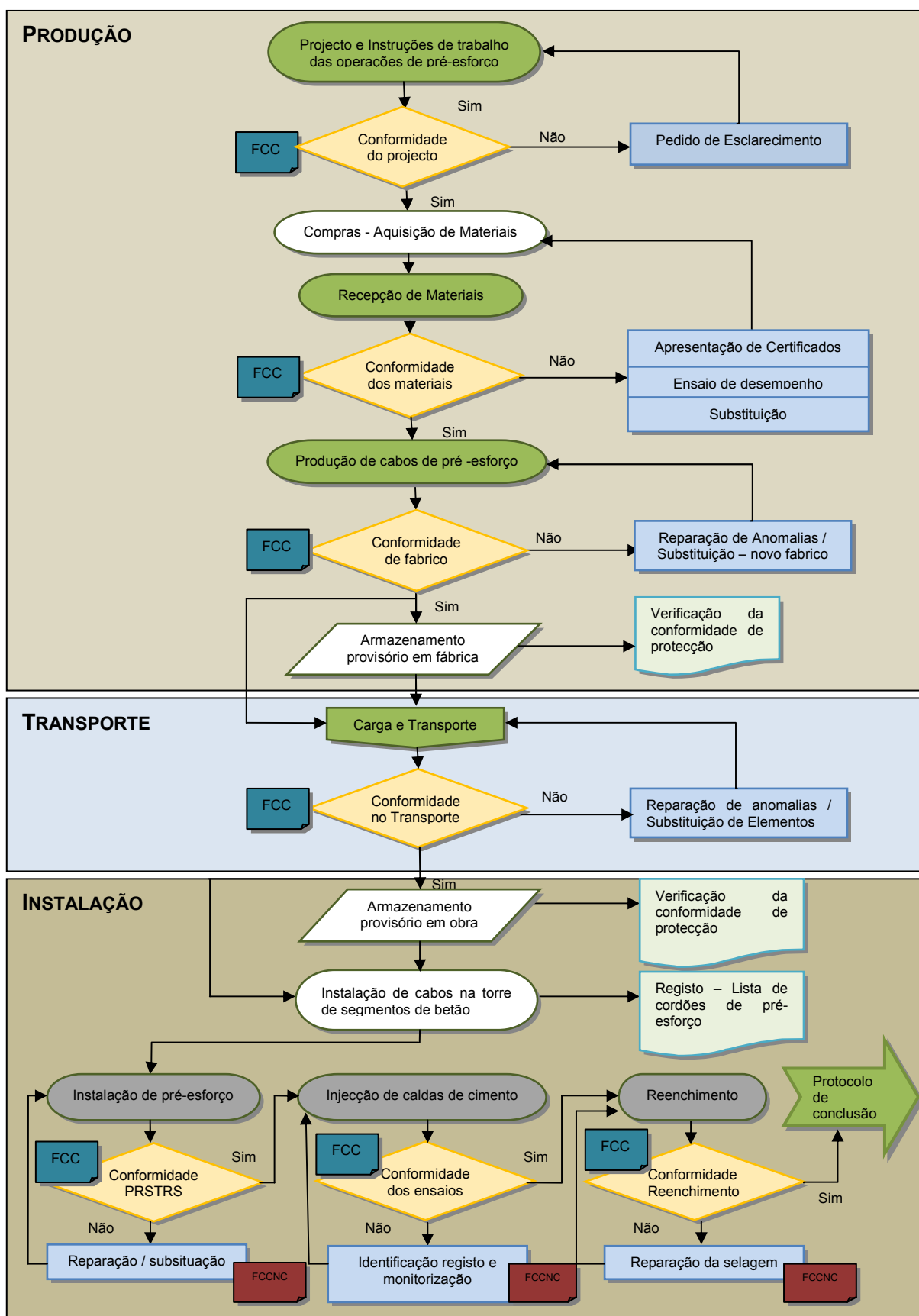
estruturação dos procedimentos de controlo, ou seja da estruturação do pensamento e da metodologia de intervenção em esquemas gráficos das actividades.

Partindo de um princípio matemático destes fluxogramas, onde são definidos as entradas de informação, o processo baseado em critérios de aceitação, o fim e as saídas de informação para encadeamento com a fase seguinte que, incidindo em factores fundamentais do processo de controlo da mão-de-obra, dos equipamentos, dos materiais e da tecnologia de execução/montagem/instalação, permite a ponderação da utilização deste mecanismo num suporte informático. Permite assim a instrumentalização da informação de todo o processo com as vantagens referentes à tecnologia informática e de comunicação actual.

Estes fluxogramas servem como ponto de partida, e contêm informação fundamental, para a organização e elaboração das Fichas de Controlo de Conformidade (FCC), para as diferentes operações.

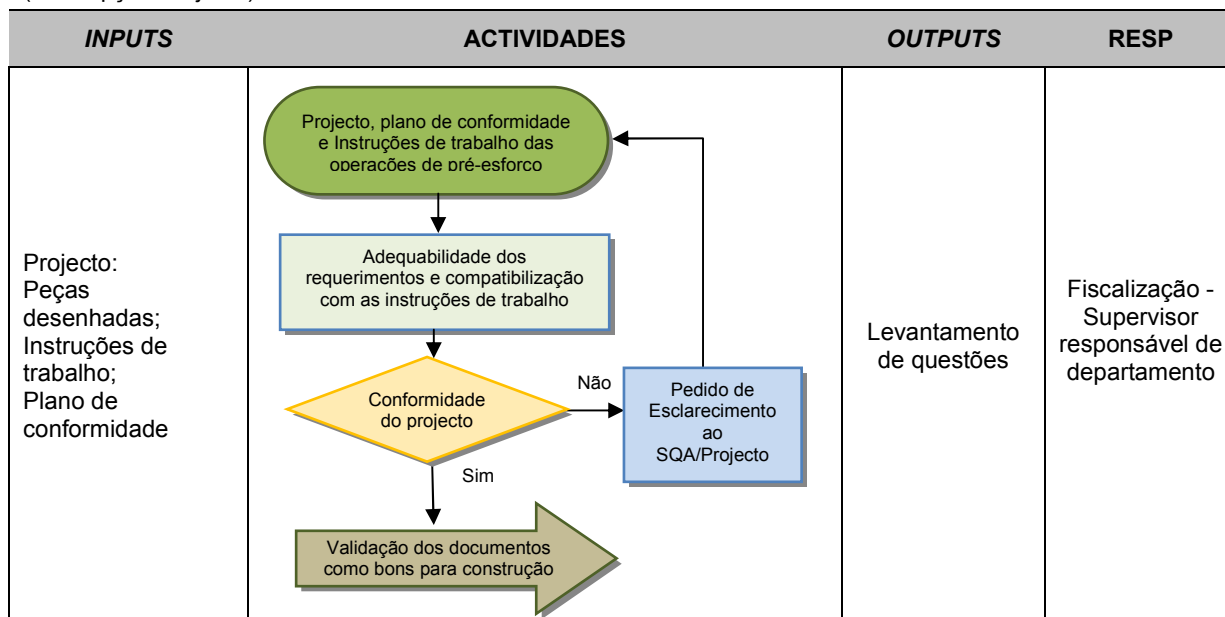
Em termos gerais, pode representar-se o processo de controlo de conformidade do sistema de pré-esforço de torres de betão de aerogeradores pelo fluxograma da figura 5.3. Este apresenta as diferentes fases encadeadas do processo e está estruturado para que, com a verificação da conformidade das actividades a desenvolver em determinada fase, se avance para a seguinte e, em caso contrário, se proceda à correcção da inconformidade ou se substituam os componentes afectados, para uma reavaliação de conformidade que permita a passagem para a próxima fase produtiva.

Quadro. 5.1 – Fluxograma geral do processo de Controlo de Conformidade de Pré-esforço

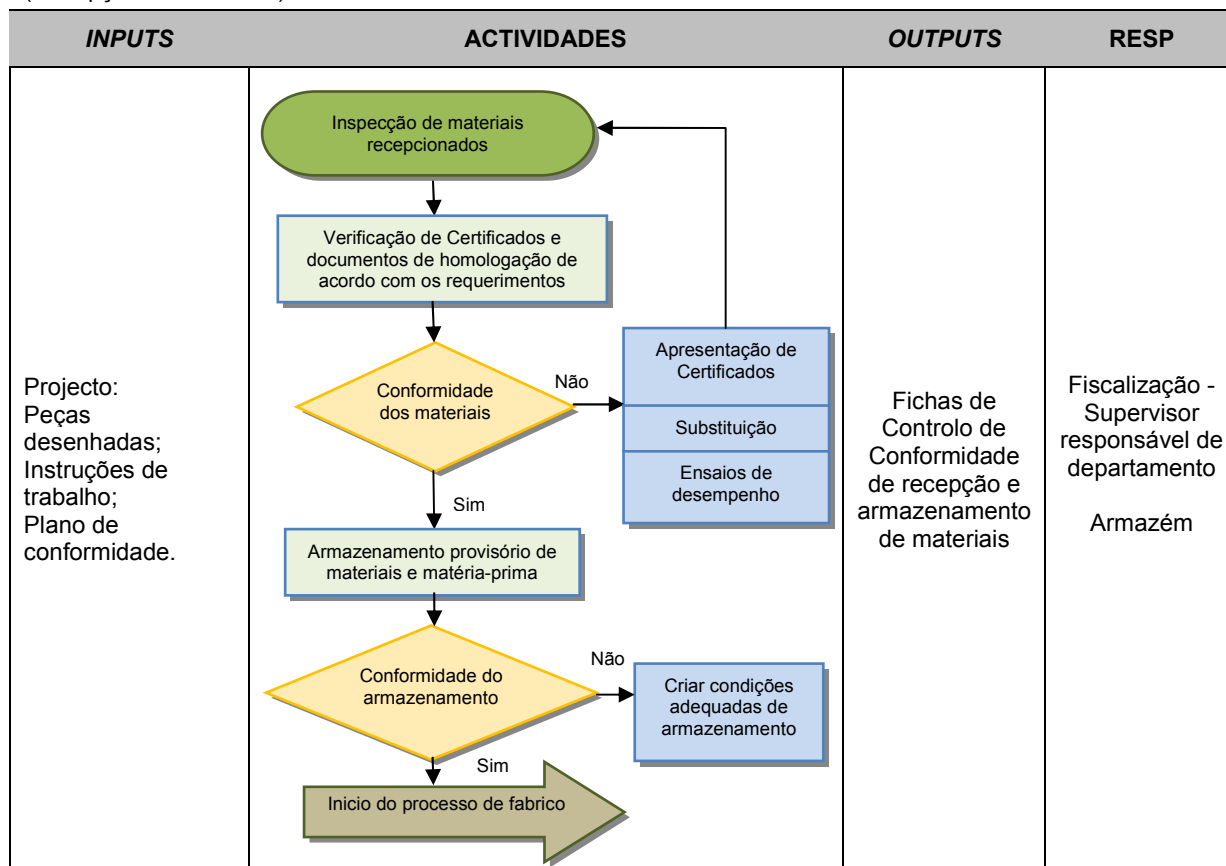


Com a definição do fluxograma geral torna-se fundamental pormenorizar cada uma das actividades, programando-as através de dados associados de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*), correlacionando as actividades com os agentes responsáveis pelo seu acompanhamento e execução. A formatação das actividades neste tipo de matrizes revelar-se-á fundamental para a elaboração das FCC adaptadas às diferentes tarefas. Numa fase inicial, o controlo de conformidade passa por incidir nos elementos primários e de preparação dos trabalhos, tais como os elementos de projecto ou instruções de trabalho, sendo aplicáveis neste caso quer à produção, quer à instalação dos sistemas de pós-tensionamento.

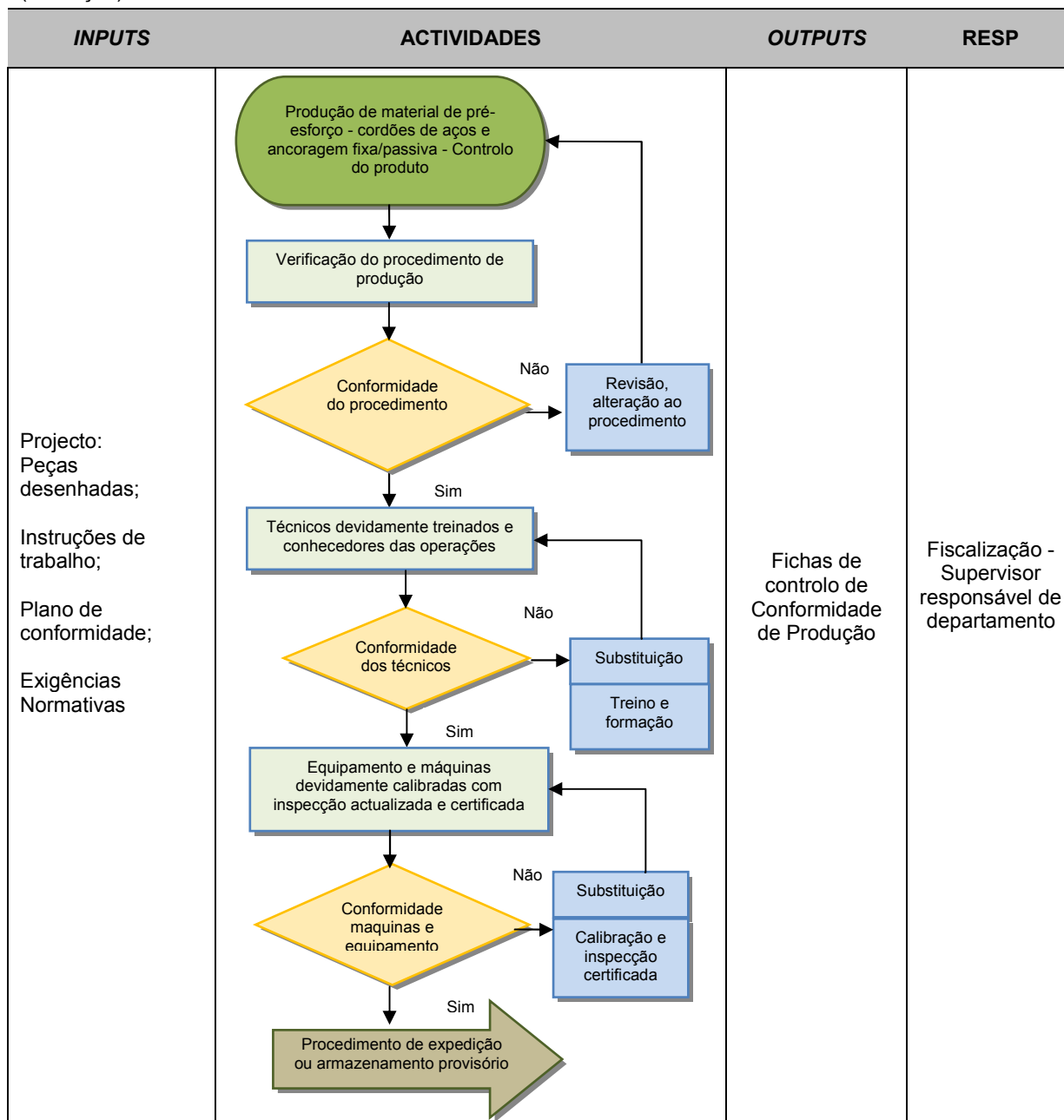
Quadro 5.2 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Concepção/Projecto)



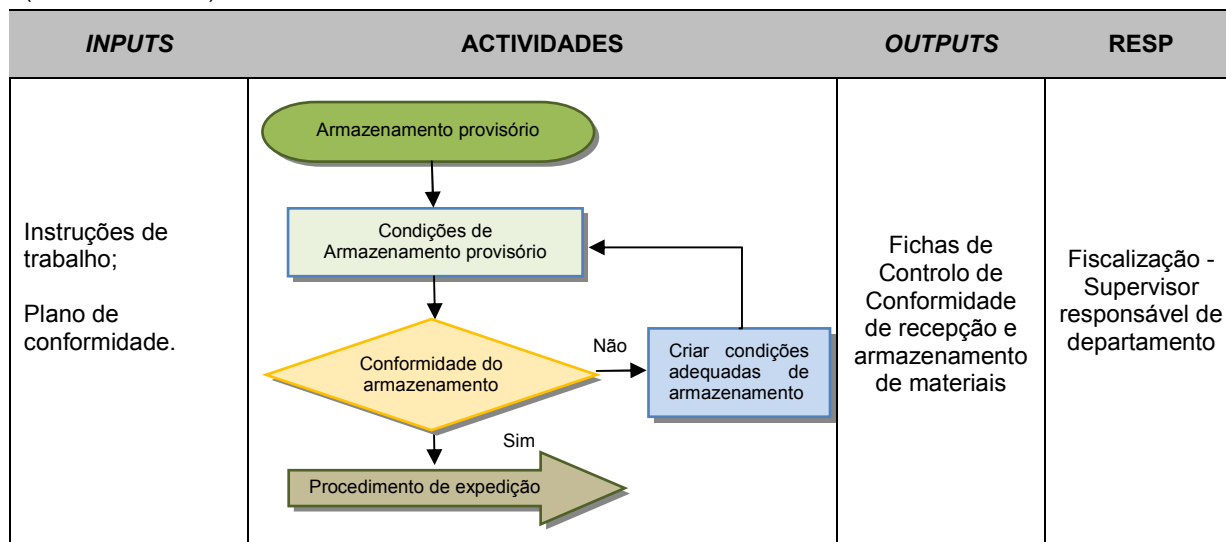
Quadro 5.3 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Recepção de materiais)



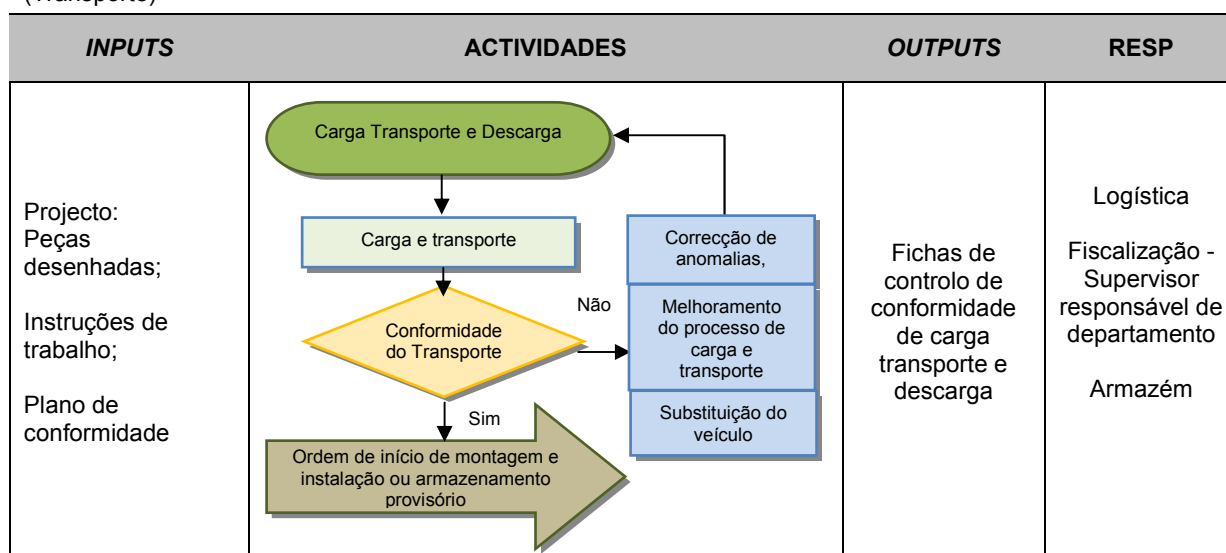
Quadro 5.4 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Produção)



Quadro 5.5 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Armazenamento)



Quadro 5.6 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Transporte)



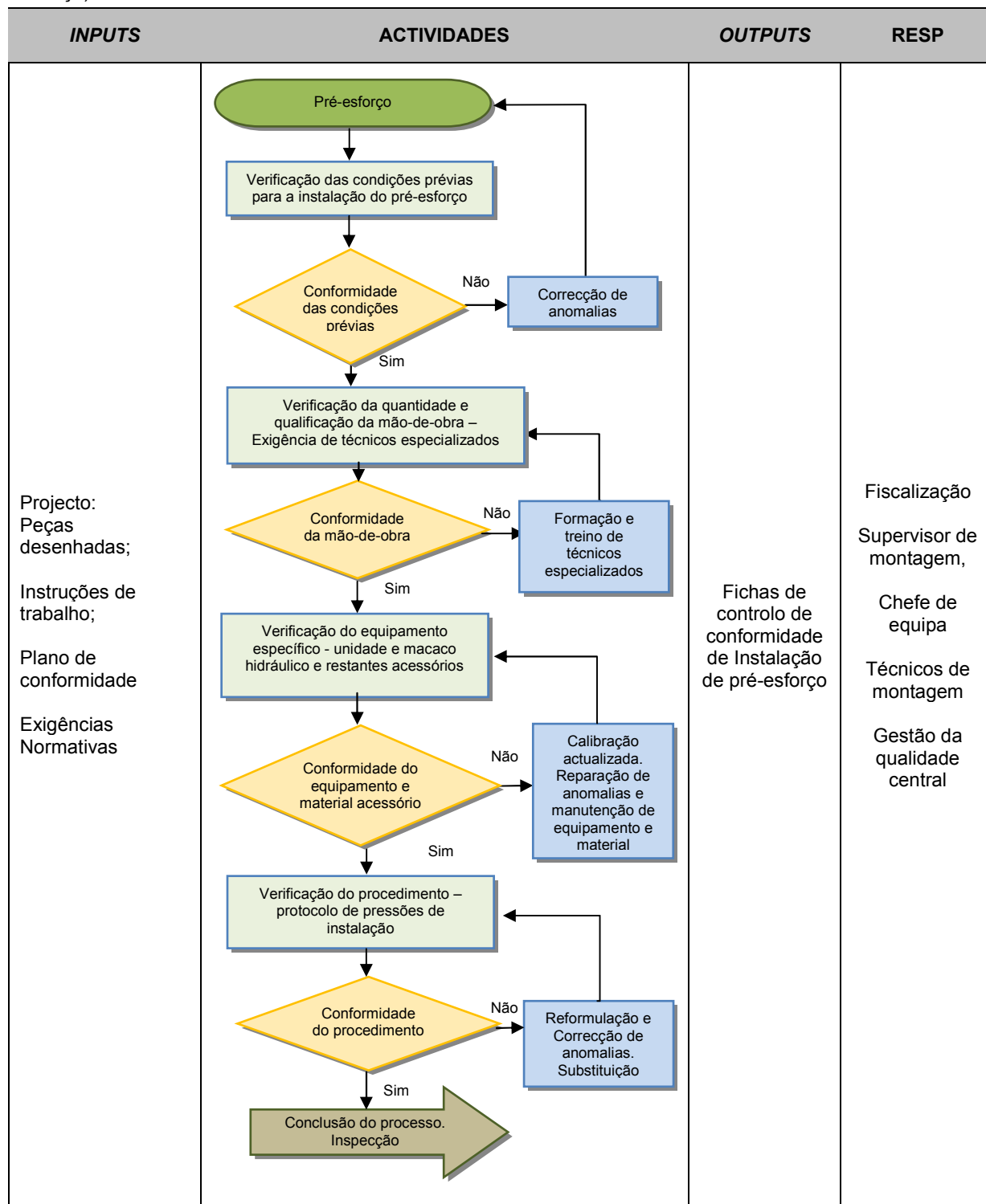
Quadro 5.7 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Armazenamento provisório em obra)

INPUTS	ACTIVIDADES	OUTPUTS	RESP
<p>Instruções de trabalho;</p> <p>Plano de conformidade.</p>	<pre> graph TD A([Armazenamento provisório em Obra]) --> B[Condições de Armazenamento provisório] B --> C{Conformidade do armazenamento} C -- Não --> D[Criar condições adequadas de armazenamento] C -- Sim --> E[Início do processo de Instalação] </pre>	<p>Fichas de Controlo de Conformidade de recepção e armazenamento de materiais</p>	<p>Fiscalização</p> <p>Site Manager</p> <p>Chefe de equipa</p> <p>Supervisor responsável de departamento</p>

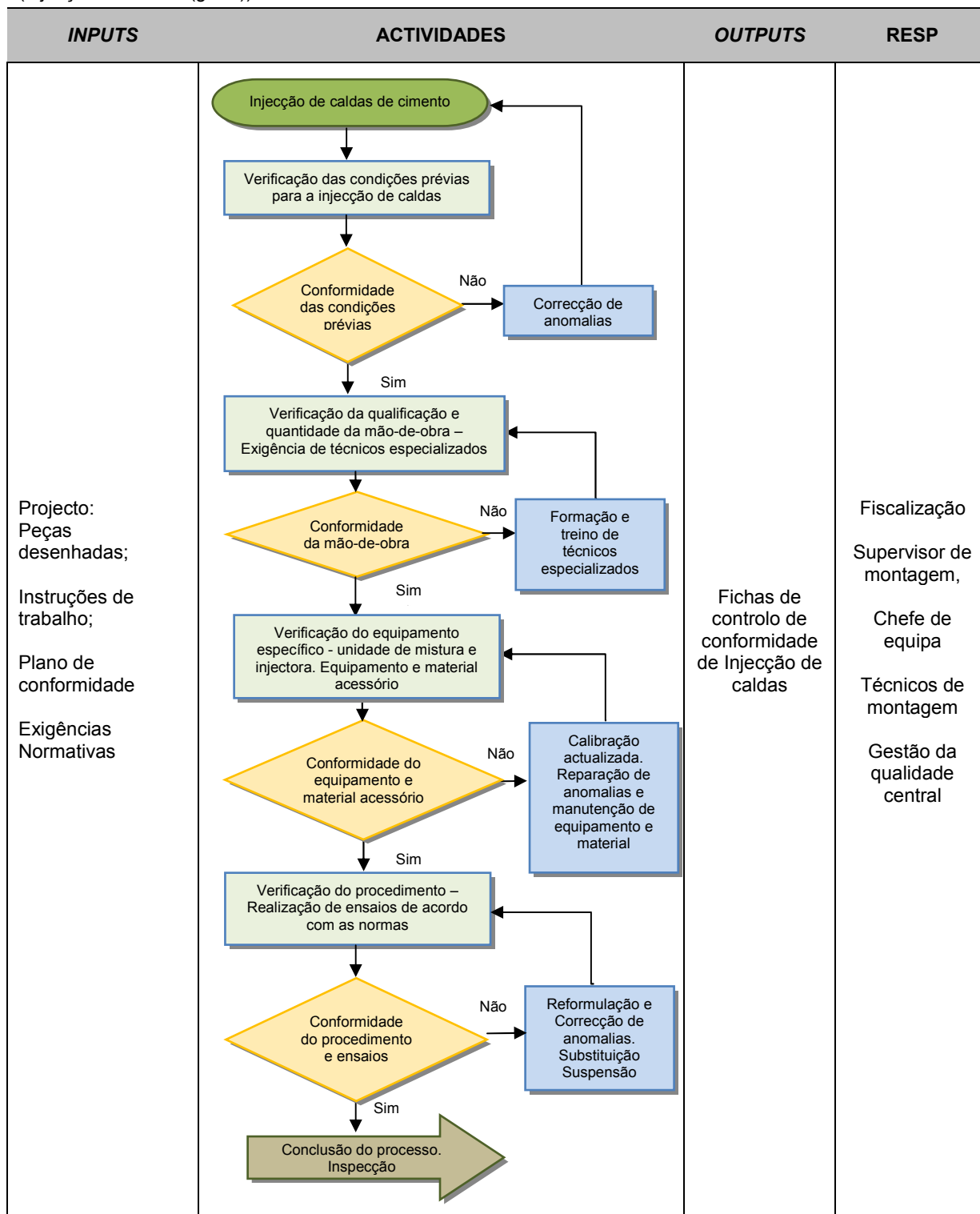
Quadro 5.8 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Colocação de cabos na torre)

INPUTS	ACTIVIDADES	OUTPUTS	RESP
<p>Projecto;</p> <p>Instruções de trabalho;</p> <p>Plano de conformidade.</p>	<pre> graph TD A([Colocação de cabos de pré-esforço em torres pré-fabricadas de betão]) --> B[Condições de colocação dos cabos nas bainhas da torre. Mão-de-obra qualificada. Equipamento adequado com inspeção actualizada] B --> C{Conformidade da colocação. Conformidade de Mão-de-obra Conformidade de Equipamento} C -- Não --> D[Reparação de anomalias Rebobinadora com inspeção actualizada e certificada Mão-de-obra com treino e formação adequada] C -- Sim --> E[Inspeção final e Início do processo de Instalação de pré-esforço] </pre>	<p>Fichas de Registo de colocação de cabos na torre</p> <p>Ficha de controlo de conformidade</p>	<p>Fiscalização</p> <p>Supervisor de montagem,</p> <p>Chefe de equipa</p> <p>Técnicos de montagem</p> <p>Gestão da qualidade central</p>

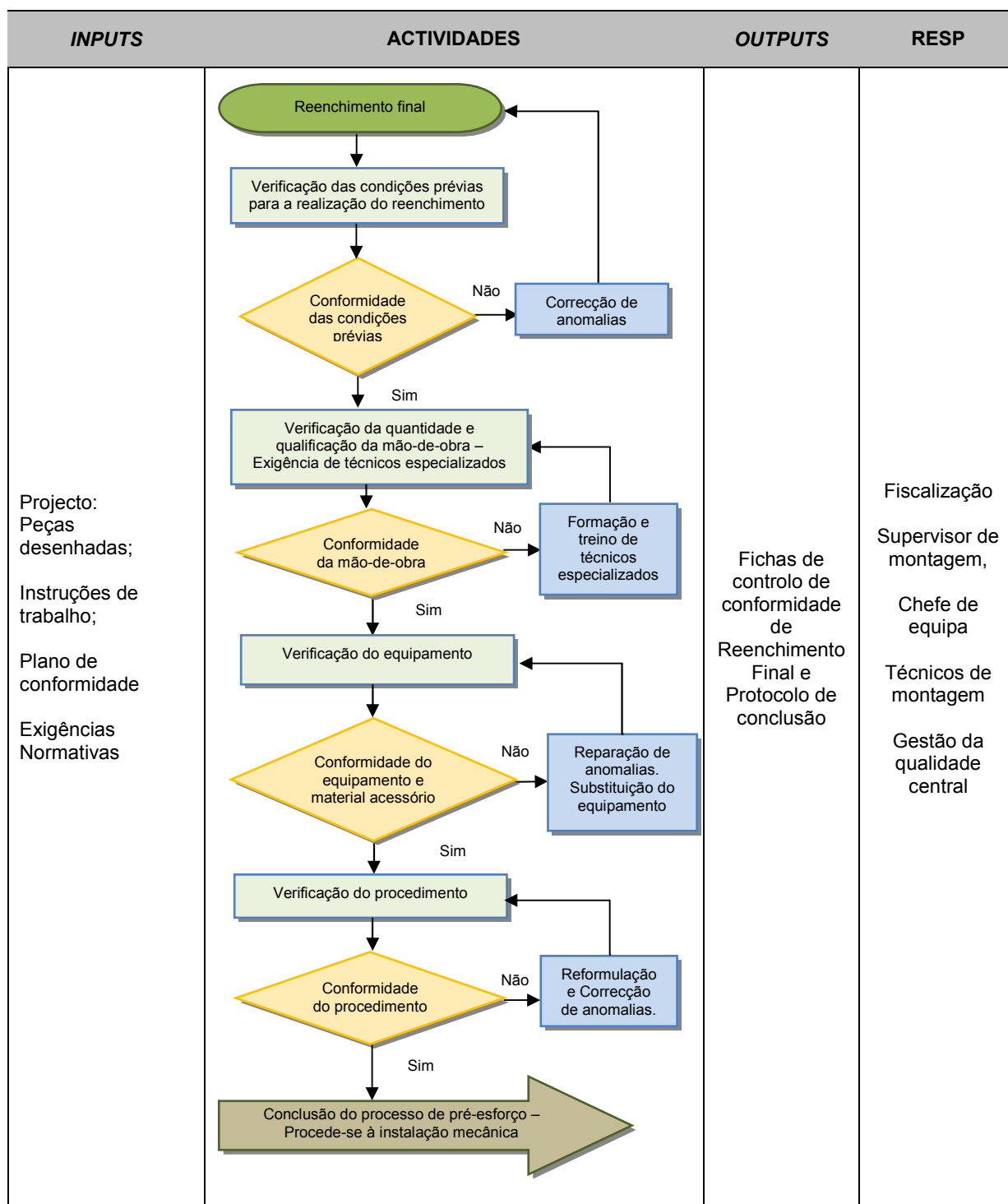
Quadro 5.9 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Pré-esforço)



Quadro 5.10 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Injecção de caldas (grout))



Quadro 5.11 – Fluxograma detalhado do processo e respectiva matriz de inputs, outputs e responsabilidades (Reenchimento final)



5.3. PROCEDIMENTO GERAL DE CONFORMIDADE

5.3.1. ELEMENTOS DE PROJECTO

A primeira etapa no processo de controlo de conformidade consiste na confrontação dos elementos de projecto, (peças desenhadas, caderno de encargos e instruções de trabalho) com as condições reais de produção e instalação do sistema de PT. De uma forma geral terá de se verificar se o sistema de PT e os métodos para a sua instalação são compatíveis com o projecto geral e com os processos de montagem das restantes operações e especialidades.

No caso de encontradas discrepâncias, deverá ser consultado o projectista solicitando-se os esclarecimentos que permitam definir melhor as situações omissas ou solucionar possíveis situações de conflito e solicitar alteração à instruções de trabalho. Em situações pontuais o pessoal técnico e a coordenação local estarão em condições de propor alterações e aceitar sugestões de outros departamentos, de forma a assegurar a compatibilidade.

A selecção dos factores apropriados do pré-esforço, dentro das disposições impostos pelo projecto, deve ser compatível com as dimensões gerais do processo de construção, ou seja, é dentro destes constrangimentos que devem ser analisadas as incompatibilidades. Questões a verificar por exemplo, são a selecção dos modelos de ancoragem (ancoragem activa, ancoragem passiva etc.), o tipo de bainha adequado, comparativamente ao tipo de cordão utilizado (interno ou externo) e à forma e modo de instalação dos cordões (se são pré fabricados, ou montados no local da obra dentro da bainhas, antes ou depois de betonar). Também a selecção do sistema de protecção, comparativamente à sensibilidade ambiental do local de instalação ou condições especiais de manutenção dos cordões, deve implicar por exemplo a sua fácil substituição.

Em termos de pormenor e peças desenhadas de projecto, deverá ser confirmado, o posicionamento das ancoragens. Estas devem cumprir os requisitos de recobrimento e espaçamento previstos nas normas legais, as necessidades especiais de espaço livre para a operação dos macacos, os raios de curvatura das bainhas ou agrupamento das bainhas e a adequação dos espaçamentos das bainhas, a compatibilidade com o aço de reforço especificado em projecto próprio, a adequação do reforço na zona de ancoragem (estabilidade geral do reforço). Devem também ser verificadas as presunções colocadas para os coeficientes de atrito e deformação e a resistência do betão necessária para o pós-tensionamento das secções. Deverá ser garantido que estão a ser utilizados os elementos adequados de projecto, nomeadamente instruções de trabalho e protocolos actualizados e que estão de acordo com os equipamentos a serem utilizados. Estes elementos deverão ser visados e bem documentados.

5.3.2. PRODUÇÃO DE ARMADURAS DE PT E RECEPÇÃO DE MATERIAIS

Relativamente à produção em fábrica, nomeadamente ao controlo de produção das armaduras de aço de pré-esforço, embalagem e envio, evidencia-se a importância da verificação da rastreabilidade dos cordões de aço e respectivas componentes passivas (cabeças de ancoragem e cunhas) desde o momento da recepção e aceitação, até à produção de cordões e respectivo envio. Também em fábrica são recepcionados os componentes da instalação (pratos de ancoragem, cabeças de ancoragem activa e respectivas cunhas, cimento e adjuvante para a injeção. Esta informação será guardada aquando do fim do circuito que termina com a conclusão das selagens das ancoragens passivas. Novamente, a ideia da informatização de todo o processo de controlo das operações, procedimentos protocolares e gestão da informação revela-se determinante, e de elevado potencial e merece ser explorada e eventualmente posta em prática.

Por se tratar de fornecedores pré-qualificados, os materiais recepcionados foram alvo de um controlo de conformidade inicial do produto desde marcas CE, certificações, homologações, e outras. No entanto, devem-se fazer verificações, durante a recepção no processo de produção. Se por alguma razão ocorrerem alteração de material ou que determinado fornecedor perca a exclusividade, isso implica uma nova reavaliação e a confirmação da conformidade do material, componente ou produto e do respectivo fornecedor. Nesta fase, como também ao longo de todo o processo do pré-esforço, um aspecto a considerar constantemente é o acondicionamento dos materiais, em especial do aço.

Para a produção das armaduras, o controlo de conformidade deve incidir sobre a área necessária à produção e movimentação de materiais. Terá de haver o comprimento necessário para puxar os cordões e devem ser garantidas as protecções mecânicas e a não contaminação do aço.

O controlo de conformidade, relativamente ao transporte do local de produção para o local de trabalho, resumidamente, incide sobre a protecção temporária e da forma das condições de acondicionamento nos veículos, dos aços e dos componentes, a fim de se evitar corrosão, ou que estes se danifiquem. Deve ser garantida a protecção à humidade e devem estes materiais ser separados das zonas onde decorram operações de soldadura.

5.3.3. OPERAÇÕES NO LOCAL DE MONTAGEM

São quatro as operações relacionadas com o pré-esforço no local de montagem. É assim necessário verificar a conformidade da introdução dos cabos nas bainhas da torre já montada, o pós-tensionamento dos cabos propriamente dito, da injeção de caldas e dos reenchimentos e selagens finais.

As inspecções de controlo de conformidade deverão ser efectuadas, garantindo que a instalação do sistema de pós tensionamento é realizada escrupulosamente, de acordo com as directrizes de projecto e as respectivas normas em vigor e com consistente qualidade. Deverão ser documentados e registados os relatórios de formação dos técnicos especialistas de PT. Todos os protocolos, quer de instalação quer da realização dos ensaios obrigatórios, deverão ser devidamente preparados, organizados documentados e arquivados, e incluindo menção à origem dos materiais incorporados, e à continuação da rastreabilidade, começada na produção.

5.3.3.1. Instalação dos cabos na torre

Para a instalação dos cabos na torre deverão ser observadas todas as condições de segurança e de conformidade, referentes ao manuseamento do dispositivo de desenrolamento dos cabos, desde a fixação do tambor dos cabos, à elevação deste até ao nível do local de inserção dos cabos nas bainhas (incluído a realização previa do teste de desobstrução e a garantia da inexistência de água nos ductos), das instruções de desenrolamento, observando a aplicação dos correctos comprimentos das armaduras nas respectivas bainhas ao longo da torre, de acordo com a pré-marcação e respectiva identificação.

É fundamental também a protecção temporária das armaduras, durante e após a instalação dos cabos na torre até à aplicação do pré-esforço.

5.3.3.2. Pós-tensionamento

Previamente à instalação do pós-tensionamento, deverão ser observados os respectivos procedimentos, nomeadamente a verificação da lista de equipamentos utilizados no processo, definição ou referência

aos documentos de parâmetros de projecto, confirmação da resistência do betão antes do tensionamento dos cabos, confirmação da sequência da instalação dos cabos na torre. Após realizadas todas estas tarefas, procede-se à aplicação do pós-tensionamento e a testes de rotina. Deve-se confirmar a existência do documento de calibração da unidade hidráulica com evidência das curvas de calibração. Rever todos os procedimentos da operação e prever medidas de resolução de eventuais problemas. É extremamente essencial a marcação e identificação dos cabos na zona da fundação onde vai ser dado o pós tensionamento, de acordo com os desenhos de projecto de forma a garantir a sequência protocolada.

Já durante o pós-tensionamento e para efeitos de controlo de conformidade, os cabos deverão ser assinalados/marcados no comprimento definido para verificação do alongamento. Cumprir escrupulosamente os parâmetros do protocolo nomeadamente, pressão, força e alongamento. SE quaisquer destes parâmetros fugirem ao limite aceitável, deve-se imediatamente procurar saber quais as causas. Na eventual ocorrência de qualquer falha no equipamento, dos componentes de ancoragem ou cordões das armaduras de PT, deve-se imediatamente informar o supervisor e efectuar o registo da ocorrência. O equipamento deve encontrar-se com calibração válida e deverá ser feito uma monitorização ao equipamento hidráulico de pré-esforço, incluindo a limpeza e manutenção do prato de mordças antes de cada operação. Deverá ser considerado procedimento adequado ao registo de ocorrência de problema ou de quaisquer incidentes.

5.3.3.3. Injecção das bainhas dos cabos de pré-esforço.

A verificação de conformidade desta operação reveste-se de elevada importância, conferindo a protecção final contra a corrosão das armaduras e o aumento da resistência estrutural, pela aderência destas à restante secção de betão armado dos segmentos da torre. De uma forma geral, deverá ser registado e bem documentado.

Terá de se efectuar o registo e informação dos técnicos envolvidos na operação, garantindo-se que são habilitados com formação específica e têm experiência demonstrada e se encontram em número compatível com a operação. Deverá verificar se a lista de material e equipamentos necessários à operação e (muito importante), do equipamento de substituição que permita a continuação da operação em caso de avaria sem interrupções. Verificar se o equipamento a ser utilizado na injecção. (Sistema misturador da calda, bomba, medidor de pressão e medidor de água, sistema de recirculação, geradores de energia, tamanho e tipos de mangueiras, e equipamentos de *backup*), são os adequados e que se encontram em perfeitas condições de utilização e com manutenções actualizadas.

Verificar se os materiais cimento, adjuvante e componentes (como válvulas e tubagens) se encontram em boas condições e observam os requisitos iniciados no processo da rastreabilidade. A água utilizada deverá ser fornecida na quantidade necessária, não descurando a destinada à para limpeza e manutenção do equipamento, no final da operação. Terá de ser garantido que a água fornecida é potável.

Todos os procedimentos gerais de injecção têm de ser fornecidos e encontrarem-se actualizados, descrevendo toda a operação do início ao fim. Deve-se verificar e garantir as relações água/cimento, volumes de calda, taxas de fluxo e velocidades de injecção protocoladas. Os volumes de calda teóricos deverão ser apresentados no plano de operação e instrução de trabalho e serão utilizados para verificar a taxa de escoamento da argamassa em cada um dos cabos. Se a argamassa é bombeada muito rapidamente, o ar e a água podem ficar presos, devido ao fluxo turbulento dentro dos ductos, e

provocar vazios na calda. Se bombeada muito lentamente, podem ocorrer bloqueios ou outros problemas.

A revisão do plano de injeção e do funcionamento dos equipamentos deve ser garantida. É muito importante que toda a equipa de injeção compreenda a importância de se realizar completamente o preenchimento das bainhas com *grout* de alta qualidade. O equipamento deverá ser verificado para se certificar de que está em boas condições de trabalho.

Durante o decorrer da operação, devem ser inspeccionados todos os pontos de entrada da calda e verificados todos os capacetes anti-corrosão, válvulas e mangueiras.

A equipa deverá ser informada dos procedimentos correctivos a tomar caso haja problemas. A segurança de todo o pessoal relacionado com a operação tem também de ser acautelada.

O processo de injeção é monitorizado pela realização dos ensaios exigidos legalmente, que evidenciam a qualidade da calda produzida e bombeada para dentro das bainhas. O procedimento de controlo de conformidade destes ensaios é fundamental para o sucesso da operação. Os ensaios realizados incluem a verificação da temperatura, viscosidade, exsudação, alteração do volume e resistência à compressão aos 28 dias do *grout*. Os resultados obtidos têm de ser registados, documentados nos respectivos protocolos, devidamente arquivados e ficar facilmente disponíveis, quando solicitados.

5.3.3.4. Reenchimento.

Os reenchimentos de *grout*, são necessários e obrigatórios visto o sistema ser vertical e o enchimento ser realizado de baixo para cima. Estes têm como função colmatar a bainha na zona superior após abaixamento do material inserido, passadas 24 horas depois da injeção. Um segundo reenchimento é então realizado, selando a ancoragem passiva. Deverão ser controlados os tempos de mistura e as razões água/cimento desta fase, bem como elaborado um protocolo de conclusão, após verificação da conclusão e da conformidade de todo o processo.

5.4. SISTEMA DE CONTROLO DE CONFORMIDADE

Com a identificação das operações chave para a concretização de uma operação de pré-esforço com êxito e de qualidade superior, intervindo-se por antecipação prevenindo a ocorrência ou minimizando a hipótese de ocorrerem problemas durante as operações, procedeu-se à materialização de um Plano de Controlo de Conformidade baseado no fluxogramas de processos, nos Protocolos, Fichas de Controlo de Conformidade e Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidades. Importa estruturar e organizar num organograma, estas fichas devidamente associadas aos respectivos processos de acordo com o seu conteúdo funcional e considerando a estruturação das acções de controlo de conformidade dos procedimentos. Este organograma é designado por Base de Controlo de Conformidade e é apresentado na figura 5.4.

A designação de Base de Controlo de Conformidade, justifica-se por ser a primeira concepção estrutural do sistema de relação das FCC, e que serve de ponto de arranque para a aferição e optimização da metodologia de controlo. Com efeito, trata-se dum processo dinâmico que tal como qualquer plano da qualidade, onde eventualmente este organograma poderia existir, será interactivo, de modo que à medida que a experiência no controlo de conformidade neste tipo de operações cresce, também a sensibilidade na adopção adequada das ferramentas de verificação e a correcta utilização também sai favorecida.

O primeiro organograma apresenta em pormenor os pontos de registo e de controlo da FCC. Convém referir-se que todo o processo exige medidas de controlo apertadas. No entanto, pretende-se que o processo seja diligente, o que não se coaduna com um excesso de registos que se tornam contraproducentes. Existem mesmo fichas que podem ser abrangentes a mais de um ponto de controlo, como se reflecte na figura 5.3 (versão inicial da Base de Controlo de conformidade).

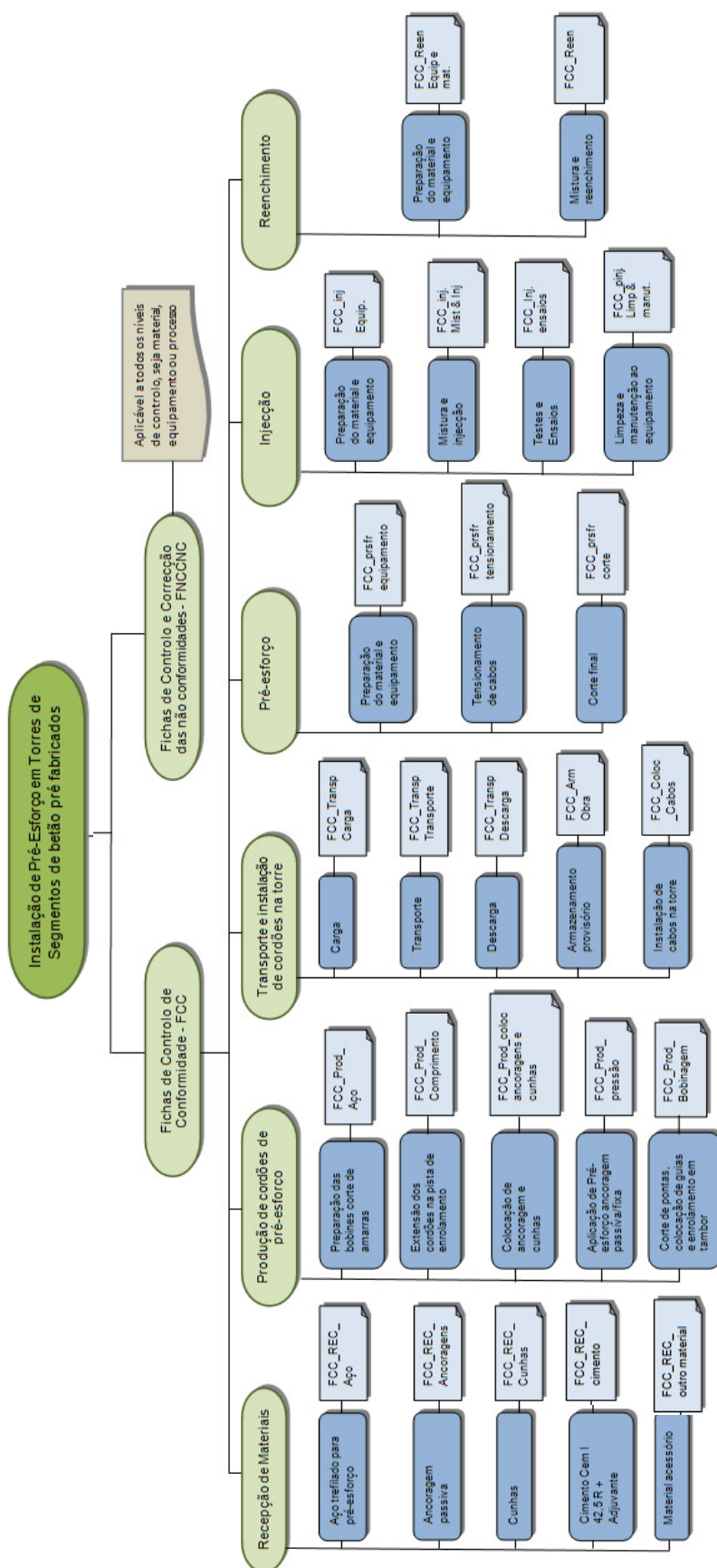


Fig. 5.3— Base de Controlo de Conformidade inicialmente definido

Para a recepção de materiais, justifica-se a aplicabilidade de uma ficha única que englobe todos os materiais mas, por questões de rastreabilidade e nas zonas onde se verifica que estas venham a ser utilizadas serem diferentes, justifica-se a sua divisão em 3 grupos: os componentes de pré-esforço - quer para a produção quer para a instalação; o cimento a ser usado na operação de injeção; o material e equipamento acessório ou consumíveis. Pela sua importância ou sazonalidade de verificação justifica-se ter um controlo independente dos 3 grupos de materiais.

Já foi referido que os materiais componentes de pré-esforço obrigam a pré-qualificação não sendo aceite nenhum material que não se conheça a sua origem, certificação, marcação ou homologação, Caso contrário, deve ser imediatamente rejeitado. O mesmo procedimento deve ser executado quando estes mesmos componentes perdem a informação que torna evidente a sua rastreabilidade. No caso dos cordões de aço, as bobines por exemplo, fazem-se acompanhar de um cartão com a informação necessária que identificam e relacionam com os restantes documentos de homologação e de certificação. A omissão deste cartão é motivo suficiente para a rejeição. Para outros materiais, como por exemplo os olhais que permitem a fixação e transporte das armaduras de pré-esforço, a marcação CE é garantia suficiente. Os componentes “pratos cabeças de ancoragem e cunhas” são fornecidos por uma entidade detentora de um certificado do tipo *European Technical Approval* (ETA) que confere a garantia de conformidade de qualidade na produção do produto por ser alvo de auditorias rigorosas e permanentes. Nestes materiais, a par do que acontece para as bobines de cordão de aço, independentemente dos documentos que comprovam a certificação, as marcações de laminação e de lote são extremamente importantes para a aceitação e rastreabilidade, com a diferença que esta informação para além de referenciada na embalagem vir também cravada no próprio material, como é o caso das cabeças de ancoragem.

Relativamente às operações propriamente ditas, nomeadamente o pós-tensionamento, a injeção de caldas de cimento e o reenchimento deram origem a diferentes tipos de fichas e protocolos. Numa primeira fase, as FCC destacam a inventariação de uma *check-list* de conformidade por operação, essencial à correcta realização destas, havendo semelhanças no que diz respeito aos parâmetros a verificar: mão-de-obra, equipamento se tecnologias propriamente ditas. Associadas a estas fichas estão os protocolos de ensaio e de conformidade de procedimento efectivo. As exigências normativas, no que diz respeito à monitorização das características de conformidade do processo, quer pela realização de ensaios quer pela leitura e seguimento das directrizes efectivas protocoladas têm de ser verificadas e registadas, quer para a melhoria da evolução do processo no caso dos ensaios de aferição da calda, por exemplo, quer como certificado de garantia do produto final como é o caso do protocolo de pré-esforço. Já a emissão do documento final emitido após conclusão do reenchimento, é garantia de conclusão total do conjunto das operações com sucesso.

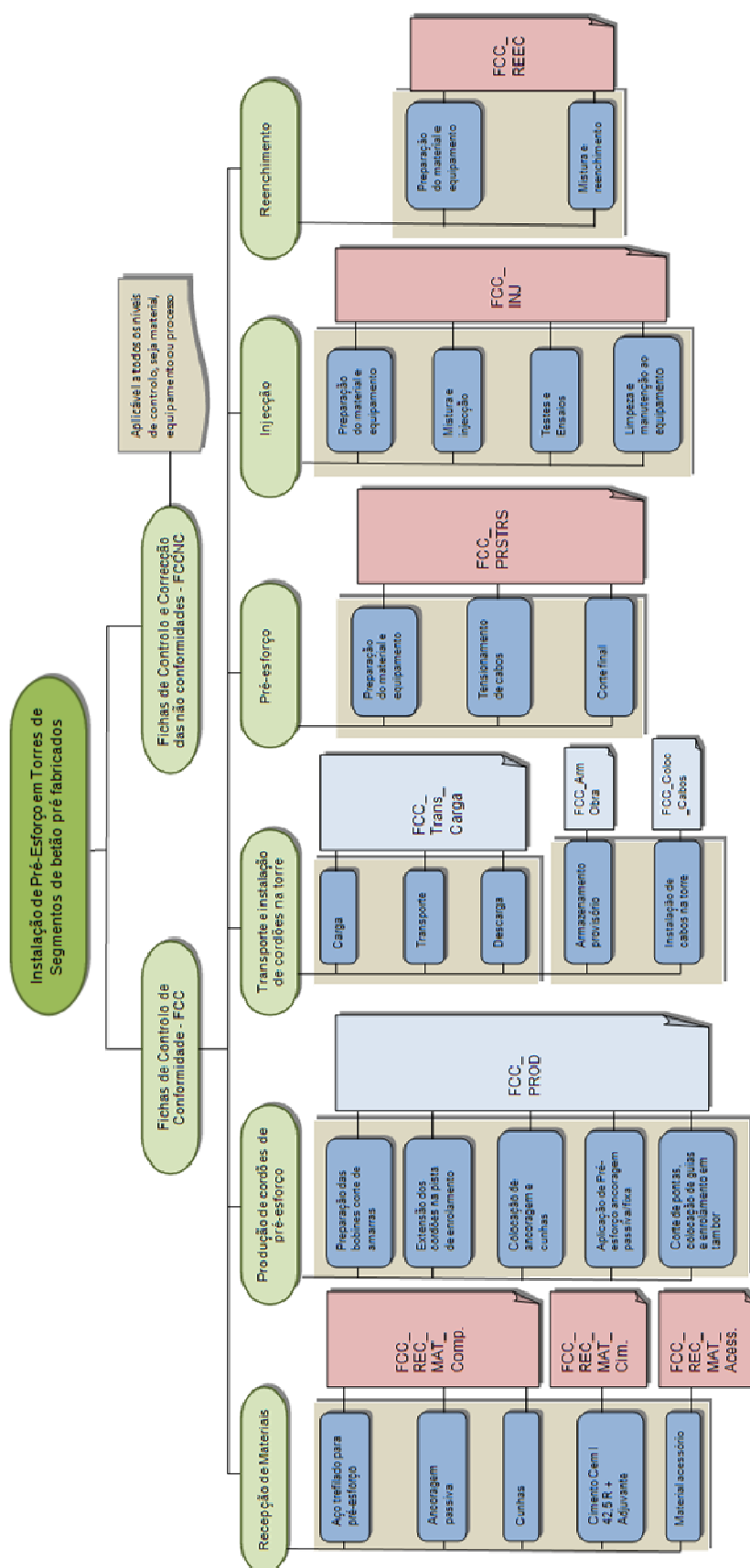


Fig. 5.4 – Base de Controlo de Conformidade otimizado

O quadro 5.12 resume as FCC e FCCNC elaboradas no âmbito do presente trabalho.

Quadro 5.12 – Resumo das fichas elaboradas para Controlo de Conformidade e Controlo e Correção de Não Conformidades

Designação	Ref ^a	Objecto
FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE		
Recepção de Materiais		
Recepção de materiais em fábrica – Ambiente de Produção –Aço	REC_MAT	Controlo de conformidade ao nível da produção da recepção das bobinas de cordões aço treilado.
Recepção de materiais em fábrica – Ambiente de Produção - Ancoragens e Cunhas passivas/fixas	REC_MAT	Controlo, de conformidade ao nível da produção, da recepção de ancoragens passivas/fixas
Recepção de materiais em fábrica – Ambiente de Produção – Ancoragens e Cunhas activas	REC_MAT	Controlo de conformidade ao nível da produção, da recepção de cunhas para ancoragens fixas
Recepção de materiais em fábrica – pratos de ancoragem de fundação	REC_MAT	Controlo de conformidade ao nível da produção, da recepção de pratos ancoragem de fundação
Recepção de materiais em armazém da fábrica – material acessório	REC_MAT	Controlo de conformidade ao nível da produção da recepção de material acessório.
Recepção de materiais em armazém da fábrica – Cem I 42,5 R + Adjuvante	REC_MAT	Controlo de conformidade ao nível do armazém da fábrica da recepção de Cimento e adjuvante
Produção de cabos de cordões de aço de pré-esforço		
Procedimento Específico de Produção – Fabrico de cabos de pré-esforço	PROD_PRST RS	Controlo de Conformidade do Produção de cabos de pré-esforço através da definição do respectivo procedimento produtivo;
Procedimento para a colocação das bobinas nos cestos (corte de amarras) e desenrolamento na pista	PROD_PRST RS	Controlo de Conformidade na Produção de cabos de pré-esforço, colocação das bobinas de cordões de aço treilado nos cesto e desenrolamento nas dimensões protocoladas.
Procedimento para a produção das armaduras de cordões de aço de pré esforço	PROD_PRST RS	Controlo de Conformidade na Produção de cabos de pré-esforço – Instalação de pré-esforço nas ancoragens e cunhas fixas

Quadro 5.12 – Resumo das fichas elaboradas para Controlo de Conformidade e Controlo e Correção de Não Conformidades (Continuação)

Designação	Refª	Objecto
Procedimento para o corte	PROD_PRSTRS	Controlo de Conformidade na Produção de cabos de pré-esforço corte da extremidade inferior colocação de guias e abraçadeiras
Procedimento para Bobinagem em tambores	PROD_PRSTRS	Controlo de Conformidade na Produção de cabos de pré-esforço enrolamento nos tambores e embalagem para transporte
Transporte		
Transporte – Carga,	TRAN	Controlo de Conformidade na carga,
Transporte – transporte	TRAN	Controlo de Conformidade, Transporte;
Transporte – descarga	TRAN	Controlo de Conformidade descarga de tambores e acondicionamento provisório
Montagem e Instalação		
Procedimento de Armazenamento em Obra	Arm_Prov	Controlo de Conformidade das condições de armazenamento provisório em obra
Procedimento de colocação dos cabos de pré-esforço na torre	Coloc_Cabos	Controlo de conformidade e registo da colocação dos cabos de pré-esforço, através das bainhas dos segmentos prefabricados da torre
Pré-Esforço		
Procedimento de recepção do material em obra	INST_PRSTRS	Controlo de Conformidade da recepção do material de pré-esforço em obra.
Procedimento de preparação do equipamento e material	INST_PRSTRS	Controlo de conformidade e de preparação de equipamento e material para o pré-esforço.
Procedimento de Especial de Instalação	INST_PRSTRS	Controlo de conformidade do procedimento especial de instalação de pré-esforço – Protocolo de tensionamento.
Procedimento para o corte	INST_PRSTRS	Controlo de conformidade do procedimento do corte do alongamento excedente dos cabos.

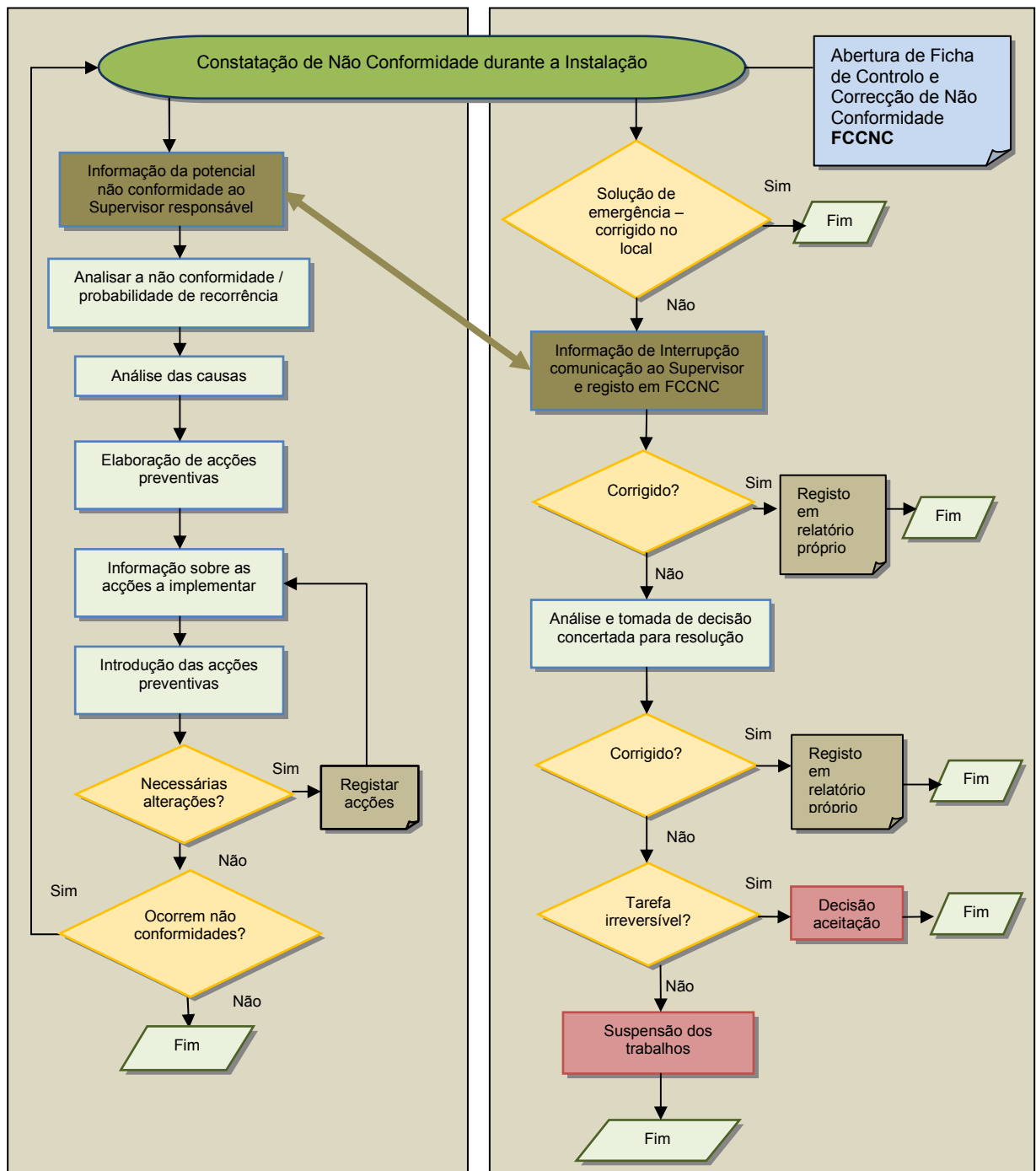
Quadro 5.12 – Resumo das fichas elaboradas para Controlo de Conformidade e Controlo e Correção de Não Conformidades (Continuação)

Designação	Refª	Objecto
Injecção		
Procedimento para recepção de material em Obra	INST_INJ	Controlo de Conformidade na Produção de cabos de pré-esforço enrolamento nos tambores e embalagem para transporte
Procedimento de preparação do equipamento e material	INST_INJ	Controlo de conformidade e de preparação de equipamento e material para a injecção
Procedimento de Especial de Instalação	INST_INJ	Controlo de conformidade do procedimento especial de Injecção
Procedimento de Ensaios e Testes	INST_INJ	Controlo de conformidade dos ensaios e testes à calda de Injecção – Protocolo de ensaios.
Procedimento de limpeza geral e manutenção ao equipamento	INST_INJ	Controlo de conformidade para a conclusão dos trabalhos, operações de limpeza geral e manutenção ao equipamento
Reenchimentos		
Procedimento de preparação do equipamento e material	INST_REEN	Controlo de conformidade e de preparação de equipamento e material para a Reenc
Procedimento de Especial de Instalação	INST_REEN	Controlo de conformidade do procedimento especial de Reenc
Ficha de Controlo e Correção de Não conformidades		
Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidades	FCCNC	Ficha de carácter generalista, utilizada para qualquer não conformidade, ao nível de materiais, equipamento, mão-de-obra ou tecnologia de execução da tarefa.

A existência de não conformidades obriga a procedimentos específicos de actuação, não apenas na identificação e registo, mas no acompanhamento de todo o processo desde a procura das causas até correcção e elaboração de medidas preventivas. Este processo foi organizado no quadro 5.13.

Com a confrontação da existência de não-conformidades, a atitude perante estas, tem de ser pró-activa com o propósito de se eliminar as causas procedendo-se a elaboração e implementação de medidas preventivas. No estado último de uma não-conformidade, implica a necessidade de execução de medidas mais drástica, nomeadamente pela ordem de suspensão dos trabalhos e a informação da não-aceitação destes.

Quadro. 5.13 – Metodologia associada ao tratamento de Não Conformidades.



6

FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE E DE CONTROLO E CORRECÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES

6.1. OBJECTIVO DOS PROTOCOLOS, E DAS FCC E FCCNC

Com a estruturação do Sistema de Controlo de Conformidade dos processos em fluxogramas e a materialização dos documentos de controlo aplicados a momentos chave na espinha dorsal do sistema produtivo/construtivo, através de organogramas, torna-se necessário objectivar o conteúdo destes documentos, compondo o mecanismo de controlo que se transformará na ferramenta de ligação, para um supervisor ou fiscal, entre o conceptual exposto em projecto, através de peças desenhadas, cadernos de encargos ou mesmo em instruções de trabalho e a concretização efectiva do preconizado explanado num sistema construtivo, onde convivem procedimentos, equipamentos, máquinas e factores humanos que contribuem para um considerável nível de incerteza e elevadas margens de erro.

Estes documentos, nomeadamente as Fichas de Controlo de Conformidade (FCC), constituem um compêndio da informação sucinta e necessária que abrange os aspectos particulares do processo construtivo a controlar. Determinadas operações do processo são identificados e caracterizadas como potenciais causadores de Falhas Frequentes, frequentemente alvo de não conformidades devido às suas características o que por isso necessitam de maior incidência de controlo, de acordo com o seu nível de frequência ou mesmo ao nível da gravidade e importância para a conclusão do processo. As FCC enunciam, de um modo genérico, os vários passos que constituem uma dada tarefa sob a forma de uma *check-list* cuja organização é baseada nas operações mais relevantes e passíveis de falhas frequentes.

A compilação da principal informação dos processos referentes a falhas frequentes de forma sintetizada permite a fácil interpretação das actividades e o registo e a documentação do procedimento de execução, salientando os mecanismos de alerta que orientem o controlo de conformidade e permitam saber de antemão quais os trabalhos que exigem o acompanhamento mais exigente, servindo também de arquivo e cadastro aos desenvolvimentos das operações, permitindo o melhoramento contínuo destas.

Os procedimentos de inspecção assentes nas FCC que estruturam e guiam o exercício da actividade de uma operação de supervisão ou fiscalização assentam no princípio de que evitam as falhas de

verificação por lapso ou desleixo, servem como auxiliar de memória e portanto servem desta forma como base de dados para a identificação das falhas mais frequentes. Representam assim uma ferramenta extremamente importante e concorrem para a credibilização da fiscalização no processo produtivo e acima de tudo potenciam a promoção da qualidade da obra.

O processo de controlo da produção e instalação de pré-esforço torna-se bastante mais consistente com a existência e aplicação de protocolos que, a par das FCC, permitem estipular objectivos, reduzindo o grau de subjectividade do processo, definindo pressupostos na realização de determinada tarefa, quantificando parâmetros que sistematizam a operação e diminuindo o nível de incerteza através da diminuição das margens de erros de operações normalizadas e devidamente regulamentadas.

Por outro lado, as Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidades (FCCNC), desempenham um efeito de balizamento no processo produtivo, relevando o tratamento e correcção de uma anomalia evidenciando as causas intervenientes e patenteando as correcções. Na indústria tradicional da construção civil, estas FCCNC representam um instrumento de defesa do Dono de Obra, visto que as tarefas que não estejam conformes, cobertas, por uma FCCNC, não serão alvo de pagamento ao empreiteiro pelo DO. A FCCNC aqui elaborada e cujo processo foi esquematizado em organograma no capítulo anterior sustenta-se no modelo de sistema de gestão da qualidade baseado em processos da ISO9001, tem ainda a função de melhoria do processo e consecutivamente o produto final, através da análise das causas da probabilidade de recorrência e da proposta de acções preventivas após a execução das correcções necessárias.

As FCC aqui elaboradas e patenteadas, incidem sobre os principais processos de produção e instalação de sistemas de pré-esforço em torres de aerogeradores, nomeadamente na recepção de materiais e componentes, produção de armaduras de PT, embalagem, armazenamento, instalação em obra dos sistemas de PT aderentes, injeção de caldas de cimento e selagem final das ancoragens passivas através de reenchimento. Da mesma forma os protocolos e a FCCNC inseridas neste plano de conformidade, são dedicados a estes sistemas e devem ser acima de tudo vistos e tratados com finalidade académica. A sua aplicabilidade real foi ser testada ainda no âmbito deste trabalho, mas não existiu prazo suficiente para uma análise rigorosa à evidência da efectividade subjacente à sua concepção e a eventual necessidade de melhoramento dos parâmetros e pontos a analisar.

6.2. A ESTRUTURA DAS FCC

A estrutura das FCC, protocolos e FCCNC assenta na percepção de que é necessária a concepção de um instrumento que simplifique o processo de verificação da conformidade. Com este objectivo estas foram concebidas com um carácter intuitivo para o utilizador nomeadamente para o agente responsável pela conformidade, simplificando a informação, tornando claros os objectivos, simplificando o acto de preenchimento e consequentemente o processo de conformidade.

As FCC são de estrutura dinâmica, isto é, são mutáveis, permitindo uma fácil adaptação ao utilizador na personalização dos factores e objectivos de controlo consoante os pressupostos e factores iniciais ou o que dita a experiência do responsável pela conformidade.

Como já foi referido foram concebidos três grupos iniciais de documentos: FCC, Protocolos e uma FCCNC. As FCC são dirigidas e aplicáveis ao processo de controlo das fases de recepção de materiais e componentes, e à respectiva produção e instalação. Os protocolos têm um carácter mais inalterável, pelo menos nos parâmetros de controlo pois reflectem dados de projecto, ou aspectos normativos que importam ser seguidos e verificados, nomeadamente a conformidade obtida por ensaios. A FCCNC oferece também algumas características diferentes daquelas que se encontram normalmente num

processo de controlo da qualidade da indústria de construção tradicional, fugindo ao diálogo exclusivo fiscalização/empreiteiro e permitindo ainda o destaque da minimização de situações problemáticas recorrentes, com a documentação de medidas preventivas. Esta adaptação só foi possível porque o objecto de controlo se trata de um processo repetitivo, com características muito próximas dos processos industriais.

O registo da verificação de conformidade dos aerogeradores materializa-se sobre a folha de actos únicos para cada unidade de equipamento, isto é, cada ficha corresponde exclusivamente a um equipamento com o respectivo número de produção e de série e, portanto, cada ficha será exclusiva de cada unidade e passará a constar no processo de identificação da máquina como evidência da qualidade da operação controlada.

Como exemplo explicativo optou-se pela reprodução decomposta parcial da ficha de controlo de conformidade de pré-esforço, do protocolo de ensaios de conformidade de injeção, e respectiva ficha de recepção de materiais, incluindo uma breve exposição referente à constituição dos campos, numa perspectiva padronizada da sua composição, e que se descrevem de seguida.

O primeiro campo da ficha é o cabeçalho e é de certa forma o seu rosto. Permite rapidamente a identificação, não só pelo título através do espaço central, mas pela cor atribuída ao campo. Optou-se por diferenciar as fichas de acordo com a sua operação/especialidade, através de cores, como auxiliar de reconhecimento. Neste caso, para o pré-esforço optou-se pelo azul.

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço	REF. INST. PRSRTS	REV
		DATA	PAG 1/3

Fig. 6.1 – Cabeçalho título de uma FCC

O espaço mais à direita é destinado à atribuição da informação (normalmente logótipo) da empresa detentora da ficha ou responsável pelo controlo de conformidade. Os espaços à direita revestem-se da maior importância na identificação ficha, é aqui que se confirmam os dados desta, em concreto a referência, a revisão, a data da revisão e não menos importante o número de páginas.

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço	REF.INST_PRSRTS	REV
		DATA	PAG 1/3
1. Identificação			
Dono da Obra:		Supervisão técnica responsável:	
Parque eólico:		Fiscalização:	
N.º de projeto/AEG:		Data:	

Fig. 6.2 – Campo de identificação de uma FCC

O campo seguinte (fig. 6.2), corresponde à secção de identificação dos intervenientes, tais como o Cliente, a Fiscalização, o responsável pela operação da entidade executante e a identificação do aerogerador (AEG) e do projecto a que corresponde.

O campo designado com o número 2, permite efectuar a correspondência entre a ficha e os restantes elementos essenciais à execução, quer sejam contratuais, como é o caso dos elementos de projecto, quer sejam legais como as normas ou outros documentos de evidência do processo. Neste caso reporta-se ao protocolo de pré-esforço (PT) que é necessário preencher em paralelo, constituindo-se como anexo a esta ficha, devendo para o efeito registar-se o número de folhas anexas.

2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros					
Peça desenhada:	Instrução de trabalho:	Artº MQT:	Referência Normativa:	PROTOCOLO DE PT N.º	Anexo n.º de fths

Fig. 6.3 – Campo de identificação de documentos de referência

Após a identificação dos aspectos genéricos da FCC, surgem os campos de controlo. É nestes campos que se reúnem o conjunto de informações e acções base do controlo das operações, as verificações a realizar e os meios e parâmetros de controlo a adoptar. Genericamente os pontos de controlo são a mão-de-obra, o equipamento, os materiais e as tecnologias e falhas frequentes.

O registo da decisão de inspecção neste campo assume principal relevo para o agente responsável pelo controlo, com a identificação das acções que é necessário realizar. Cada acção é precedida pelo registo da data de início e de fim, e do registo e observações que venham a ser realizadas no decurso do controlo. Na secção de registo e observações, devem-se fazer referência às acções condicionadas, acções de correcção, soluções alternativas ou reforço da opção de conformidade, bem como referência a anexos cuja incorporação seja relevante para o processo. (ex. cópia de certificados). Também neste campo deve-se fazer o registo no documento FCCNC, quando venham a acontecer não conformidades e, caso seja esta a situação, permitir a rastreabilidade e o acompanhamento das medidas correctivas até à sua conclusão.

3. Controlo								
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações
						Início	Fim	

Fig. 6.4 – Campo de base dos elementos de controlo

Os pontos de controlo estão identificados com uma numeração que permite a sua fácil identificação e designação, quando forem necessários serem evidenciados e esclarecidos em outros elementos de controlo e de documentação como por exemplo, relatórios, actas de reunião ou eventuais comunicações (email e fax).

Os pontos de controlo de referência são a mão-de-obra, equipamentos, materiais incorporados, armazenamento provisório, condições locais de trabalho e tecnologia, neste caso o pós-tensionamento. Para cada ponto de controlo, existem verificações que se tornam necessárias efectuar em confrontação com os parâmetros de controlo.

Relativamente à mão de obra, independentemente de o seu controlo cair directamente no plano de segurança e saúde de acordo com o Decreto-lei nº 273/03, torna-se necessário efectuar a confirmação do número mínimo de operários e técnicos compatíveis com o normal andamento da operação, neste caso a instalação de PT, confirmando-se a qualidade e aptidão técnica prevista nas respectivas normas tecnológicas, nacionais e europeias.

Relativamente à inclusão dos EPI na FCC, independentemente da verificação deste equipamento ser da responsabilidade do coordenador de segurança e saúde em obra, torna-se necessário proceder a um controlo apertado devido ao risco envolvido nas operações, quer pelos trabalhos em altura, quer pela operação de máquinas de elevada perigosidade e manuseamento de químicos (cimento e adjuvante) de elevado risco para a saúde dos técnicos.

A conformidade do equipamento é de igual forma importante pela necessidade da confirmação de certificação actualizada e estado de utilização, minimizando-se desta forma erros, atrasos e defeitos com origem no equipamento técnico, principalmente unidades hidráulicas, garantindo-se assim que a operação venha a ser realizada com sucesso.

3. Controlo											
ITEM	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações			
						Início	Fim				
3.1 Mão-de-obra											
		Encarregado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Técnicos	Documental	Doc. Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Quantidade Necessária Enc. Téc.	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Instruções de trabalho devidamente divulgada	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.2 Equipamento											
	Principal:										
		Unidade hidráulica de pré-esforço (bomba, macaco, manómetro e mangueiras)	Doc.	Certificado de Calibração	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Gerador	Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			
Equipamento acessório:											
		Guinchos eléctricos	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			
		Rebarbadoras e aprafusadoras	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			

Fig. 6.5 – Campo de base dos elementos de controlo, mão-de-obra e equipamento

No ponto 3.3 da secção 3 “controlo”, faz-se referência aos materiais incorporados e ao documento de rastreabilidade. De certa forma exige-se que este material mantenha a sua integridade, devido ao processo de controlo de conformidade (ver ficha FCC_REC_Mat) ser muito anterior ao ponto actual, nomeadamente no que se refere à recepção destes componentes em fábrica, onde são embalados e enviados para obra. A introdução da confirmação nesta ficha serve de garantia de verificação da rastreabilidade da aceitação inicial, isto é, aquando da instalação ter-se-á a certeza de que o material instalado corresponde à pré-qualificação inicial, de que este se encontra perfeitamente identificado e que não foram alteradas as suas características, desde o instante inicial do processo até ao momento de instalação. Contribuindo também para esta função existe o campo armazenamento provisório (3.4).

3. Controlo										
ITEM	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data				Registos e Observações
						Início	Fim			
3.3 Materiais Incorporados										
		Cabos de Aço	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA		
		Cabeças de Ancoras	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA		
		Cunhas	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA		
3.4 Armazenamento provisório										
		Protecção temporária durante a instalação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Local de armazenamento provisório adequado (dentro da torre)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
3.5 Condições do Local de Trabalho										
Exteriores										
		Plataforma adequada	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Limpo e em condições de se proceder ao PT	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
Interiores (zona da fundação – Espaço de trabalho de PT)										
		Cave com espaço adequado e desobstruído	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Cave limpa	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		

Fig. 6.6 – Campo de base dos elementos de controlo, materiais, armazenamento e condições de trabalho

O campo “Tecnologia” (3.6), reporta-se à sequência de verificações necessárias realizar durante a operação e, revela-se ser de extrema importância no controlo do sistema de PT, estando sujeito à existência de erros e à ocorrência de problemas, devido ao factor humano.

3. Controlo										
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações		
						Início	Fim			
Tecnologia										
Instalação de pós tensionamento										
		Verificação da dimensão dos cabos	Visual fita métrica	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Marcação e identificação na cave do número dos cabos com marcador e spray tendo em conta a porta de saída da torre – ponto A	Documental	Proj./Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	C	NC	AC	NA		
		Colocação de ancoras e cunhas na sequência correcta	Visual.....Doc	Sim/Não.....PRT_PT	C	NC	AC	NA		
		Corte das pontas guia dos cabos	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Preparação e ligações adequadas do equipamento de pré-esforço	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Cumprimento do procedimentos do protocolo de pré-esforço no que diz respeito à instalação de tensões, forças e alongamentos	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
			Documental	Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	C	NC	AC	NA		
		Corte dos alongamentos excedentes dos cabos de aço e remoção para envio para reciclagem	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Acondicionamento adequado do equipamento de pré-esforço para mobilização	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Condições finais - Limpeza da zona de trabalho	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
		Procedimento para lidar com não-conformidades ou incidentes (lista de falhas frequentes)	Documental	Instrução de trabalho especial	C	NC	AC	NA		

Fig. 6.7 – Campo de base dos elementos de controlo, tecnologia

4. Autenticação		
Técnico _____	Supervisão _____	Fiscalização _____
Elaborado por _____ / / Verificado por _____ / / Aprovado por _____ / /		
Legenda: C - Conforme; NC - Não Conforme (identificar a FCCNC correspondente); AC - A Corrigir; NA - Não Aplicável		Com a identificação de uma NC, no campo “Registo e Observações” documenta-se o n.º da FCCNC correspondente.

Fig. 6.8 – Campo de autenticação e legenda da FCC

Na última secção da FCC encontra-se o campo da “Autenticação” a ser visado pela entidade executante e pela entidade responsável pelo controlo de conformidade.

Foi executado um campo que permite conferência e identificação do autor e dos responsáveis pela verificação e aprovação da ficha, nomeadamente quando são introduzidas alterações à mesma caso esta venha a enquadrar um plano integrado de qualidade. Desta forma, este campo confere autenticidade à FCC, através da designação do responsável pela criação ou alteração e aprovações.

A Legenda faz menção a notas importantes que importe considerar e inclui as instruções básicas de preenchimento da ficha assim como as abreviaturas a utilizar. As notações que devem ser tiradas baseiam-se nas seguintes abreviaturas, C, de conforme, e NC de não conforme, neste último caso, deve assinalar-se no campo “Registos e Objectivos” o n.º da FCCNC correspondente (FCCNC-Nº). Ainda na legenda encontram-se a designação, AC, a corrigir, para situações que são resolvidas no local em curto espaço de tempo e que não interferem com o desenvolvimento dos restantes actividades e NA, não aplicável, nos casos em que a verificação não se justifica para os trabalhos em curso no local de inspecção.

3. Requisitos da calda de Injecção (Valores em conformidade com a norma NP EN 477)									
3.1 Razão água cimento		[≤0,44]		3.3 Exsudação da água		[≤2%]			
3.2 Ensaio de Imersão		[>30s]		3.4 Alteração de volume (após 24 h)		[1%≤].....[≤5%]			
Tempo de imersão (depois de mexer)				3.5 Resistência à compressão passados 7/28 dias		Para cada provete N/mm ² Cada série de ensaios N/mm ²			
4. Matérias e composição da calda de Injecção (Conformidade com a NP EN 197 e NP EN 934)									
4.1 Cimento CEM I		Fabricante:		Categoria de resistência:		Temperatura: °C			
		Entregue em:		Reserva de amostra n.º					
4.2 Adjuvante		Fabricante:		Observações:		Quantidade Kg			
		Entregue em:							
4.3 Água		Origem:		Comprovativo: sim/não		Temperatura: °C			
4.4 Composição da mistura		Cimento		Água		Adjuvante		Razão água cimento:	
		Kg		L		kg			
4.5 Tipo de Misturadora:		4.6 Duração do processo de mistura antes de adicionar o adjuvante:				4.7 Tempo de mistura: [≤240s]			
5. Ensaios (Conformidade com a NP EN 445 e ETAG13)									
5.1 Temp. calda fresca		1º Ensaio: °C		2º Ensaio: °C		3º Ensaio: °C			
5.2 Fluidez		Tempo de Imersão		Média		Média		Média	
		Hora: 1 2 3		Hora: 1 2 3		Hora: 1 2 3		Hora: 1 2 3	
		Após mistura							
		Equipamento de ensaio de imersão n.º							
5.3 Alteração do volume		Ø Cilindro I 50mm		Ø Cilindro II 50mm		Ø Cilindro III 50mm			
		Medição base (inicial) h		Medição base (inicial) h		Medição base (inicial) h			
		Após 24 horas (h2)		Após 24 horas (h2)		Após 24 horas (h2)			
		mm		mm		mm			
		-1% até 5%		%		%			
5.4 Exsudação da água		Ø Cilindro I 50mm		Ø Cilindro II 50mm		Ø Cilindro III 50mm			
		Medição base (inicial) h		Medição base (inicial) h		Medição base (inicial) h			
		Após 3 horas (h1)		Após 3 horas (h1)		Após 3 horas (h1)			
		mm		mm		mm			
		h1/h, 100%		h1/h, 100%		h1/h, 100%			
		<2 Vol. %		%		%			

Fig. 6.9 – Campo 3, 4 e 5 do protocolo de ensaio de conformidade e monitorização da calda de Injecção

A FCC relativa à de injecção de caldas de cimento faz referência aos protocolos quer de ensaios neste caso, quer de procedimentos. Na fig.6.9 apresenta-se parcialmente o protocolo de conformidade e monitorização da calda de injecção, nomeadamente os campos que são relevantes para a realização dos ensaios, onde é evidente a relação de cada ensaio com as respectivas normas aplicáveis. A respectiva FCC terá obrigatoriamente de identificar o protocolo correspondente, e apresentando-o como anexo. Por si só, a FCC INT_INJ não terá validade sem a integração desta informação.

6.3. A ESTRUTURA DAS FCCNC

Pretende-se com esta ficha atribuir um carácter inovador ao processo de correcção de uma não conformidade, podendo esta vir mesmo a ter aplicabilidade em outros tipos de operações que não estejam relacionados com a instalação de pré-esforço.

De forma análoga às Fichas de Controlo de Conformidade, o primeiro campo da Ficha de Controlo e Correcção de Não (conformidade corresponde à identificação, logo a seguir ao rótulo de identificação da ficha, com a designação do número de revisão da FCC, da referência e logótipo da empresa. No campo da identificação, para além da informação generalista preenchida de acordo com a operação em questão, surgem dois espaços novos não existentes na FCC e de carácter inovador, que são, a “Revisão da Não Conformidade” e a “Distribuição”. No primeiro campo, por se tratar de um processo interactivo (ver fluxograma correspondente na fig.5.5 no capítulo 5), pretende-se saber em que fase

está a não conformidade, preenchendo-se com um número à medida que se vão utilizando as fichas. Relativamente à distribuição, este documento poderá assumir vários destinatários, dependendo do estado, (com correcção, sem correcção, elaboração de acções preventivas etc.), podendo ser os destinatários designadamente, o cliente, a entidade executante, o técnico e o encarregado de frente.

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo e de Correcção de Não Conformidades		REV. Data	REF. Pág.
1. Identificação				
Dono de Obra/Cliente:		Data:	Rev da NC:	
Entidade executante:		Distribuição:		
Projecto n.º:				

Fig. 6.10 – Campo de identificação da FCCNC e dados da operação em questão

No segundo campo, encontra-se o relatório de não conformidade, cujos campos fazem referência ao local da ocorrência da NC nomeadamente, a identificação do componente e do fornecedor, no caso de recepção de materiais.

Existe um espaço para a definição da fase do processo, por exemplo identificação se esta ocorre na produção, na instalação de PT ou na injeção. Existe uma secção para identificação de todos os técnicos e do responsável pela operação no momento da NC.

Inclui-se neste campo a descrição da não conformidade propriamente dita, que inclui também o preenchimento do espaço relativo a especificações aplicáveis que consolidam a NC e de eventuais anexos que confirmem a condição e a origem da causa da NC.

2. Relatório de Não Conformidade	
Local de produção/Instalação:	
<input type="checkbox"/> Produção de Armaduras <input type="checkbox"/> Armazenamento <input type="checkbox"/> Instalação de PT <input type="checkbox"/> Injecção <input type="checkbox"/> Reenchimentos	
Componente:	Fornecedor:
Fase do processo:	
Equipa responsável pela execução:	
Descrição da Não Conformidade:	
Especificações Aplicáveis:	
Anexos:	
Causa/Origem: humana <input type="checkbox"/> equipamento <input type="checkbox"/> material <input type="checkbox"/> método <input type="checkbox"/> ambiental <input type="checkbox"/> outra <input type="checkbox"/> , especificar:	

Fig. 6.11 – Campo de relatório de não conformidade da FCCNC

O terceiro campo reporta às medidas correctivas, a respectiva data, o prazo e a data efectiva da sua implementação. É também identificado, neste campo, o responsável pelas acções correctivas.

Surgem também aqui duas secções que se referem ao reforço das medidas correctivas, e às acções preventivas e de medida da eficácia da correcção, incluindo o registo das datas das ocorrências, podendo ser posteriores à data de implementação das acções correctivas efectivas.

3. Procedimento de conformidade				
Acções correctivas	Data	Resp.	Prazo de Implementação	Data de Implementação
Rever a eficácia das acções correctivas				Data
Acções preventivas contra a recorrência da não conformidade				Data

Fig. 6.12 – Campo de procedimento de conformidade da correcção

No campo 4, antes das verificações, pretende-se reforçar a confirmação da eficácia do tratamento da NC através de um espaço para observações. Por fim, existe o campo comum a todas as fichas que diz respeito ao processo de validação da documentação, identificando o autor do documento e a respectiva aprovação conferindo confiança na sua utilização.

4. Conclusão/discussão e avaliação da eficácia do tratamento da Não conformidade	
Observações:	
Verificado por: _____ Data: ____/____/____ h ____	
Elaborado por ____/____/____ Verificado por ____/____/____ Aprovado por ____/____/____	

Fig. 6.13 – Campo de observações finais e verificações.

6.4. APLICAÇÃO DAS FCC E FCCNC

Considerando que, devido às funções exercidas pelo autor, específicas e relacionadas com a actividade de instalação de pré-esforço em aerogeradores, a oportunidade de aplicação das fichas às respectivas operações foi imediata. Apesar destas fichas terem sido elaboradas com carácter específico para este tipo de operação, esse facto não impediu que, durante a sua aplicação, se procedesse a ajustamentos de forma a torná-las mais funcionais com o melhoramento de alguns campos de controlo.

O parque eólico escolhido foi o do Alto da Coutada, localizado junto à EN 203 entre Vila Pouca de Aguiar e Valpaços, por coincidir estar este em fase de construção, na altura da elaboração das fichas. Foi efectuado o controlo de conformidade das operações de pré-esforço do AEG 015, desde a instalação do pós-tensionamento até à injeção das bainhas com caldas de cimento. Não foi possível, no entanto proceder à verificação e controlo na fase de produção, armazenamento de componentes e respectivo transporte, cingindo o raio de acção às operações exclusivas em obra, basicamente motivado pela falta de tempo.



Fig. 6.14 – Campo de observações finais e verificações

Por uma questão de gestão de espaço e de limitação da extensão deste trabalho em dimensão, só são reproduzidas a ficha e o protocolo devidamente preenchidos, referentes à instalação de pós-tensionamento. (A FCC_INST_PRSTRS e PRT_PT).

A aplicação das fichas foi bastante intuitiva, revelando-se serem extremamente úteis, na medida em que definiam as sequências e identificavam previamente a próxima fase crítica do processo, permitindo antecipar a existência de problemas, e permitindo a eventual realização de acções de correcção de forma quase automática.



Fig. 6.15 – Desocupação da plataforma de trabalho

A figura 6.15 refere-se ao estado da plataforma de trabalho, após conclusão dos trabalhos de montagem da torre e correspondente libertação para a operação de pós-tensionamento e injeção de caldas.



Fig. 6.16 (a) – Inspeção de equipamento e ligações

(b) Verificação de equipamento

A fig. 6.16 (a) reporta-se a 3 pontos verificados através de confirmação visual: 1 - ligações do macaco hidráulico; 2 - comprimento mínimo adequado dos cabos; 3- identificação na parede da sequência de tensionamento em correspondência com a sequência prevista em projecto e protocolada. Também a fig 6.16 (b) corresponde à confirmação do estado do equipamento e a conformidade das ligações, nomeadamente da bomba hidráulica.



Fig. 6.17– Confirmação do n.º de lote da cabeça da ancoragem

Na fig 6.17, verifica-se a rastreabilidade do número de fornada, com o número de lote da guia do material entregue, confirmando-se a aceitação inicial deste componente.



Fig. 6.18 – Existência de obstrução dos trabalhos de pré-esforço

Antes do pós-tensionamento e na cave destinada à aplicação do pré-esforço, constatou-se que as condições locais não eram compatíveis com o competente desenvolvimento dos trabalhos. O espaço encontrava-se obstruído, dificultado a operação de pós tensionamento. Esta situação ocorreu devido à simultaneidade de trabalho e a um precário planeamento. Neste caso, a introdução de cabos eléctricos na zona da fundação antes do pré-esforço foi motivo de não conformidade. Foram identificadas as causas e os responsáveis e foram definidas medidas de correcção e prevenção, de recorrência e respectiva distribuição de ficha aos intervenientes (responsáveis pela instalação eléctrica e empreiteiro geral).

De seguida, apresentam-se parte das fichas que foram produzidas em obra (figuras 6.19 a 6.24)..

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço				REF. INST. PRSTRS		REV	
						DATA		PAG 1/3	
1. Identificação									
Dono da Obra:		C.M.O. 2 - Estaleiro de Pequenos SA				Supervisão/técnico responsável:			
Parque eólico:		R.E. APTG da Central				Fiscalização:			
N.º de projecto/AEG:		W-04.665-015				Data:		10 de julho de 2010	
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros									
Peça desenhada:		E-82		Instrução de trabalho:		ITA-15/10		Artº MQT: /	
				Referência Normativa:		82/ETM/13		PROTOCOLO DE PT N.º 01 Anexo n.º de flhs 2	
3. Controlo									
ITEM	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações	
						Início	Fim		
3.1 Mão-de-obra									
	Encarregado		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10		
	Técnicos		Documental	Doc. Aptidão	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Quantidade Necessária Enc.	1. Téc	Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Instruções de trabalho devidamente divulgada		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
3.2 Equipamento									
Principal:									
	Unidade hidráulica de pré-esforço (bomba, macaco, manómetros e mangueiras)		Doc.	Certificado de Calibração	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
			Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Gerador		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
			Manutenção	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Insp. periódica de conform		Emissão de selo	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
Equipamento acessório:									
	Guinchos eléctricos		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
			Manutenção	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11/7/10	11/7/10	11/7/10	
			Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	
	Rebarbadoras e aprofundadoras		Manutenção	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	

Fig. 6.19 – FCC INST_PRSTRS pág.1

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço				REF. PRSTRS		REV	
						DATA		PAG 2/3	
3. Controlo									
ITEM	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações	
						Início	Fim		
3.2 Equipamento									
Equipamento acessório:									
	Iluminação		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10	Iluminação insuficiente - Resolvida	
			Manutenção	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10		
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10	Ende a inspeção de conform.	
	Medidores - Métricos		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10		
	Marcadores		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Consumíveis (discos de corte, fitas de semiha)		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	EPIS		Insp Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
3.3 Materiais Incorporados									
	Cabos de Aço		Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	
	Cabeças de Ancoras		Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	
	Cunhas		Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11	11/7/10	
3.4 Armazenamento provisório									
	Protecção temporária durante a instalação		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Local de armazenamento provisório adequado (dentro da torre)		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
3.5 Condições do Local de Trabalho									
Exteriores									
	Plataforma adequada		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
	Limpo e em condições de se proceder ao PT		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	11	11		
Interiores (zona da fundação - Espaço de trabalho de PT)									
	Cave com espaço adequado e desobstruído		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10	10/7/10	
	Cave limpa		Visual	Sim/Não	<input checked="" type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input checked="" type="checkbox"/> NA	10/7/10	10/7/10	10/7/10	

Fig. 6.20 – FCC INST_PRSTRS pág.2

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço						REF. PRSTRS	REV
								DATA	PAG 3/3
3. Controlo									
ITEM	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações	
						Início	Fim		
Tecnologia									
Instalação de pós tensionamento									
		Verificação da dimensão dos cabos	Visual fita métrica	Sim/Não	X	NC	AC	NA	10/6/2010 10/6/2010
		Marcação e identificação na cave do número dos cabos com marcador e spray tendo em conta a porta de saída da torre – ponto A	Documental	Proj./ Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	X	NC	AC	NA	11 11
		Colocação de ancoras e cunhas na sequência correcta	Visual Doc.	Sim/Não PRT_PT	X	NC	AC	NA	11 11
		Corte das pontas guia dos cabos	Visual	Sim/Não	X	NC	AC	NA	11 11
		Preparação e ligações adequadas do equipamento de pré-esforço	Visual	Sim/Não	X	NC	AC	NA	11 11
		Cumprimento do procedimentos do protocolo de pré-esforço no que diz respeito à instalação de tensões, forças e alongamentos.	Visual	Sim/Não	X	NC	AC	NA	11 11
		Corte dos alongamentos excedentes dos cabos de aço e remoção para envio para reciclagem	Documental	Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	X	NC	AC	NA	11 11
		Acondicionamento adequado do equipamento de pré-esforço para mobilização	Visual	Sim/Não	X	NC	AC	NA	11 11
		Condições finais - Limpeza da zona de trabalho	Visual	Sim/Não	X	NC	AC	NA	11 11
		Procedimento para lidar com não-conformidades ou incidentes (lista de falhas frequentes)	Documental	Instrução de trabalho especial	C	NC	AC	X	

Fig. 6.21 – FCC INST_PRSTRS pág.3

Logótipo da empresa		Protocolo de Pré-esforço										Ref. PRT_PT01		Rev.													
												Data		pág													
1. Identificação																											
Dono da Obra:		Superintendente técnico responsável						Fiscalização:																			
Parque eólico:								Data:																			
n.º de projecto:								10/6/2010																			
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros																											
Procedimento de acordo com o EC2 e o caderno de encargos, incluindo a medição da carga de tendão e alongamento para a verificação.																											
Peça Desenhada:		C-82		Artº MQT				Ref. Normativa																			
LCC/6/2010																											
3. Protocolo de parâmetros																											
Valores nominais								Leituras na escala da prensa / Macaco - Manómetro																			
Nº do cabo e sequência		Folha de registos		Comprimento do cabo		Comprimento da tensão do alongamento do aço e retração do bello antes da reintrodução das cunhas		Força de tensão necessária		Pressão de prensa (macaco - jack)		Reentada das cunhas incluindo diminuição do alongamento necess.		Alongamento do aço 126 bar(240kN)		Comprimento da tensão antes de retirar a prensa (manualmente) (da base da prensa até a marcação) (Valor nominal)		Comprimento da tensão Tensa (computador)		Força final		Pressão final		Comprimento da tensão depois de retirar a prensa (manualmente) (marcação) (Valor nominal)		250mm (da base da prensa) ALS	
Nº		Nº		m		AL ₀ em mm		kN		bar		mm		mm		mm		mm		kN		bar		mm		mm	
1		2		3		4		5		6		7		8		10		11		12		13		14			
6		I		58,95		394		1215		623		6		77		567		/		1126		624		564			
26		I		58,95		394		1215		623		6		77		567		/		1126		624		566			
16		I		58,95		394		1215		623		6		77		567		/		1110		623		569			
36		I		58,95		394		1215		623		6		77		567		/		1190		615		575			
2		II		58,95		392		1209		620		6		77		565		/		1124		622		564			
22		II		58,95		392		1209		620		6		77		565		/		1104		620		564			
12		II		58,95		392		1209		620		6		77		565		/		1118		625		562			
32		II		58,95		392		1209		620		6		77		565		/		1122		627		563			
7		III		58,95		390		1203		617		6		77		563		/		1106		618		560			
27		III		58,95		390		1203		617		6		77		563		/		1110		621		563			
17		III		58,95		390		1203		617		6		77		563		/		1101		616		563			
37		III		58,95		390		1203		617		6		77		563		/		1184		610		568			
9		IV		58,95		388		1197		614		6		77		561		/		1106		610		558			
29		IV		58,95		388		1197		614		6		77		561		/		1106		619		559			
19		IV		58,95		388		1197		614		6		77		561		/		1198		615		560			
39		IV		58,95		388		1197		614		6		77		561		/		1106		619		560			
4		V		58,95		386		1190		611		6		77		559		/		1205		619		557			
24		V		58,95		386		1190		611		6		77		559		/		1190		611		557			
14		V		58,95		386		1190		611		6		77		559		/		1190		611		560			
34		V		58,95		386		1190		611		6		77		559		/		1184		608		559			
10		VI		58,95		384		1184		607		6		77		557		/		1184		607		553			

Fig. 6.22 – FCC PRT_PT pág.1

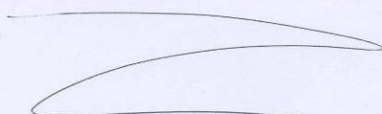
Logótipo da empresa		Protocolo de Pré-esforço										Rev.	ref.
												Data	pág. 2/2
Valores nominais										Leituras na escala da prensa/Macaco - Manómetro			
Nº do cabo e sequência	Folha de registos	Comprimento do cabo	Comprimento do tendão do alongamento do aço e retração do betão antes da retração das curvas	Força de tensão necessária	Pressão de prensa (macaco - jack)	Retração das curvas incluindo diminuição do alongamento neces.	Alongamento do aço 128 bar(240kN)	Comprimento da tensão (valor de referência da prensa até a marcação) (Valor nominal)	Comprimento da tensão Tensão (computador)	Força final	Pressão final	Comprimento da tensão após de retração a prensa (valor nominal) (marcação 770mm/ 250mm da base da prensa)	AL\$
Nº	Nº	m	AL\$ em mm	kN	bar	mm	mm	mm	mm	kN	bar	mm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
30	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557	✓	1188	618	553	
20	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557	✓	1189	614	552	
40	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557	✓	1189	610	553	
1	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555	✓	1184	602	551	
21	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555	✓	1184	607	554	
11	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555	✓	1185	608	552	
31	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555	✓	1185	608	555	
3	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438	✓	1183	607	430	
23	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438	✓	1183	612	433	
13	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438	✓	1176	603	432	
33	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438	✓	1176	608	434	
4. Observações													
													
5. Autenticação													
Técnico				Supervisão				Fiscalização					
Elaborado por: / / Verificado por: / / Aprovado por: / /													

Fig. 6.23 – FCC PRT_PT pág.2

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo e de Correção de Não Conformidades		REV.	REF.
				Data	Pág.
1. Identificação					
Dono de Obra/Cliente:		Data:		Rev da NC:	
Entidade executante:		Distribuição:			
Projecto n.º:		Causa/Origem:		Especificação de PT:	
2. Relatório de Não Conformidade					
Local de produção/ Instalação:					
<input type="checkbox"/> Produção de Amadurecimento <input type="checkbox"/> Armazenamento <input checked="" type="checkbox"/> Instalação de PT <input type="checkbox"/> Injeção <input type="checkbox"/> Reenchimentos					
Componente:		Fornecedor:			
Fase do processo:					
Equipa responsável pela execução:					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> A B </div>					
Descrição da Não Conformidade:					
Existência de cabos electivos interligados no local de obra, que impedem o normal avanço dos trabalhos de pré-esforço.					
Especificações Aplicáveis:					
Anexos:					
Causa/Origem: humana <input checked="" type="checkbox"/> equipamento <input type="checkbox"/> material <input type="checkbox"/> método <input type="checkbox"/> ambiental <input type="checkbox"/> outra <input checked="" type="checkbox"/> especificar: Plano de					
3. Procedimento de conformidade					
Ações correctivas	Data	Resp.	Prazo de Implementação	Data de Implementação	
Fora de obra electivos quitados a peça de obra	10/6/10		1d	10/6/10	
Rever a eficácia das acções correctivas				Data	
Resposta: Implementação de uma nova constituição interna				10/6/10	
Ações preventivas contra a recorrência da não conformidade				Data	
Correctivo: Plano de trabalho dos trabalhos submissão a aprovação e submissão				10/6/10	
4. Conclusão/discussão e avaliação da eficácia do tratamento da Não conformidade					
Observações: A obra foi concluída e a obra foi aprovada por todos os intervenientes. A obra foi aprovada por todos os intervenientes.					
Verificado por:		Data:			

Fig.6.24 – FCCNC



Fig.6.25 – Aplicação das fichas e partilha de conhecimentos

6.5. RESULTADOS

O objectivo proposto neste capítulo, a execução de fichas de controlo e consequentemente a sua aplicação, manifestou apresentar um sentido verdadeiramente prático. Numa primeira fase, procedeu-se à concepção das FCC dentro de um PCC que requeria o conhecimento tecnológico das operações a verificar. Numa segunda fase, analisou-se a respectiva funcionalidade em obra, observando o desempenho e a adequação do controlo das FCC às tarefas, analisando-se a quantidade, a qualidade e a eficácia da informação nelas patentes.

Em virtude da falta de tempo, não foi possível aplicar as fichas à fase de produção, não tendo sido assim possível a avaliação da totalidade das fichas realizadas.

A existência de uma não conformidade permitiu testar a aplicabilidade da FCCNC, que veio demonstrar a sua funcionalidade, tendo a não conformidade sido corrigida no próprio dia e tendo-se promovido as respectivas medidas correctivas e acções preventivas de forma a evitar a recorrência.

A divisão das FCC por operação veio manifestar ser muito prática, permitindo a sua grande aplicabilidade e adaptando-se à dinâmica dos processos, com a utilização pontual e exclusiva a cada projecto, aerogerador e operação específica.

De um modo geral, verificou-se que as FCC avaliadas apresentam uma grande facilidade de aplicação no que diz respeito aos itens listados e sobretudo parecem abranger os aspectos mais críticos da tarefa. Resulta daqui também a potencialidade de organização das fichas, quer em arquivo de papel, quer ainda em sistemas integrados de gestão de informação informatizados.

Como principal limitação deste trabalho, não foi possível aferir a aplicabilidade destas fichas a instalações de pré-esforço em outras estruturas, nomeadamente viadutos ou pontes, onde é mais comum este tipo de tecnologia. Teria sido interessante cruzar informações referentes a esta especialidade com outros técnicos do ramo e empresas gestoras técnicas deste tipo de empreendimentos, de forma a partilhar experiências e confirmar a funcionalidade das fichas. Em procedimento iria ainda permitir ajustá-las a outros tipos de obras conferindo-lhes um carácter mais generalista e extravasando a aplicação exclusiva à instalação de PT em aerogeradores.

7

CONCLUSÕES

7.1. CUMPRIMENTO DE OBJECTIVOS

Com a exploração do processo de instalação de sistemas de pré-esforço onde se abordaram os processos produtivo e construtivo foi possível perceber o seu elevado grau de complexidade, não só tecnológico, mas também de enquadramento no campo de acção da metodologia de gestão e controlo de qualidade. Estruturadas a metodologia de comprovação de conformidade e demonstradas com algumas acções de fiscalização concreta, consideram-se os objectivos inicialmente delineados plenamente alcançados.

Simultaneamente à investigação das matérias, onde fez-se a aplicação entre os procedimentos tecnológicos, métodos, regras de boa arte e regulamentos, e culminou-se com a essência desta dissertação, a elaboração de um Plano de Controlo de Conformidade, que abordou todas as actividades deste sistema construtivo e verificou a sua aplicabilidade prática em cenário real de instalação.

O esforço desenvolvido na pesquisa de informação sobre a temática, nomeadamente de carácter normativo, e a dificuldade resultante da minuciosidade e extensão da informação, exigiu um considerável empenhamento e sacrifício pessoal que se revelou ser fundamental para o conhecimento do estado da arte destes sistemas de pós-tensionamento, não só na vertente tecnológica mas também aliado à perspectiva do controlo de conformidade.

Resulta desta dissertação, acima de tudo, um considerável benefício em termos de aprendizagem, organização, formação e crescimento, quer a nível pessoal quer a nível profissional, considerando-se, que esta dissertação contribui com algo de novo para a temática do sector da gestão técnica das construções.

7.2. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

O culminar do processo de elaboração da Fichas de Controlo de Conformidade e a adaptação dos respectivos protocolos a cada uma das operações dos sistemas de PT de aerogeradores, dada a sua analogia a um procedimento industrial, trouxe-me à reflexão a necessidade de se objectivar as actividades ligadas à construção civil. O uso de documentos similares a estas FCC, é um procedimento bastante comum nas empresas de fiscalização e de gestão técnica. Torna-se no entanto necessário, a sua implementação de forma generalizada, pois, apesar de não se tratar de uma nova forma de controlo de qualidade, existe ainda muita a tradição do “desenrasque” típico português, bastante enraizado na

cultura da construção. A actuação através do improviso, agindo-se em cima do acontecimento é perfeitamente aceitável e tem os seus frutos em situações imponderadas, exclusivamente, sendo a experiência um factor determinante no processo de combater o imprevisto. Contudo, é inadiável a necessidade combater a falta de motivação profissional enraizada na construção.

O sucesso está naqueles que estão à frente dos problemas e das adversidades e não nos que esperam por eles. O contributo de um processo de gestão técnica de empreitadas através de fichas de controlo e de protocolos de verificação estimula uma política e cultura de organização de antecipação de problemas. Elimina-se o perigo do pensamento abstracto e das decisões genéricas e reduz-se o erro resultante de acções aleatórias e de procedimentos omissos.

Um controlo por fichas de conformidade, protocolado, significa uma rigidificação de procedimentos e é o sublinhado das operações de referência que contribuem para a simplificação do processo. De certa forma é o trâmite balizado para alcançar um objectivo, neste caso o produto final, cujo registo proporciona a evidência da conformidade com os requisitos do sistema.

Da pesquisa bibliográfica realizada, constatou-se a existência de uma ampla e dispersa informação relativa a sistemas de pré-esforço, quer a nível técnico, como normativo e ainda de regulamentos e manuais internacionais. Pode-se constatar a preocupação comum nas exigências, medidas de prevenção e os cuidados requeridos na instalação desta tecnologia, particularmente associado a pontes e viadutos.

A disparidade da quantidade de informação e, muitas das vezes, o contraste entre regulamentos devido a divergências normativas e à imensidão de revisões, constituíram uma vera dificuldade acrescida para a adequação e enquadramento da temática à metodologia de controlo de conformidade.

Na introdução ao tema foram abordados aspectos relevantes, nomeadamente quanto à gestão técnica de empreendimentos, vulgo fiscalização, e à qualidade, nomeadamente de produtos e serviços para o competente enquadramento da temática numa lógica moderna de gestão técnica de empreendimentos. Verificou-se a existência de escasso material relacionado com a lógica actual da fiscalização de obras e com o modo como deve operar, tendo-se baseado sobretudo nos apontamentos da cadeira de fiscalização da FEUP do professor Rui Calejo [3]. Por outro lado, a bibliografia encontrada acerca da qualidade na construção revelou ser bastante extensa tendo a dificuldade aqui consistido na sintetização da informação recolhida.

O desenvolvimento deste Sistema de Controlo de Conformidade de pré-esforço de aerogeradores, com base na temática da fiscalização de empreendimentos da indústria da construção e na qualidade na construção, assentou em aspectos fulcrais, desde a Engenharia de Serviços, às normas ISO passando pelas Marcas de Qualidade, estas últimas fundamentais nos sistemas de pós tensionamento, nomeadamente devido aos pré-requisitos de certificação de todos os componentes e materiais envolvidos. Toda a temática foi suportada pela vasta matéria legislativa e normativa aplicável

A sistematização e organização de todo o processo produtivo e construtivo em fluxogramas de actividades, sob a forma de matriz com indicação dos respectivos *inputs*, *outputs* e responsabilidades, tornou-se o verdadeiro âmagô do sistema de controlo e da aplicação das FCC, sem os quais não teria sido possível identificar objectivamente os pontos críticos de actuação ao longo de todo o sistema construtivo, pelo menos de forma precisa e em tempo útil.

Independentemente da disponibilidade duma abundante literatura relacionada com a temática – qualidade e sistemas de pré-esforço – a quantidade de informação teórica recolhida, por si só, não seria suficiente para a elaboração e organização dos fluxogramas e a materialização do controlo de conformidade nas FCC. Para a concretização desse objectivo, foi fundamental o acompanhamento

directo dos processos tecnológicos das operações de pré-esforço, concretizando-se na real oportunidade para o estudo e implementação da metodologia das FCC a estes sistemas.

Para além da novidade patente nesta dissertação, a concepção de um Sistema de Controlo de Conformidade e a execução de FCC adaptadas a sistemas de PT de aerogeradores, comprovou-se ainda a autêntica potencialidade da aplicação destas a um processo de apoio à acção de gestão técnica e fiscalização de obras, verificando-se serem funcionais mas havendo ainda margem para a realização de melhoramentos até à sua optimização.

As fichas foram elaboradas com o propósito de obterem a melhor e mais adequada utilização em obra, tendo em vista a facilidade de utilização e rapidez de preenchimento. Neste sentido, entendeu-se focalizar as fichas e protocolos por fascículos dedicados a cada operação de forma a facilitar a verificação de conformidade, evitando o empolamento de informação, para que a dimensão do documento não constituísse um obstáculo à sua utilização, e bem pelo contrário permitisse um controlo motivador para o agente do acto de conformidade.

Adicionalmente, a concentração de fichas e protocolos por operação permite um melhor registo, repositório e catálogo dos documentos, facilitando-se o seu rastreio.

Apesar da existência de técnicos com experiência e formação adequada a este tipo de operações, aliás como, é exigido pelas normas vigentes, acrescida da literatura técnica, regulamentar e normativa, específica e justificada devido ao elevado risco nelas envolvido, sem um competente controlo de conformidade, não existem garantias que os procedimentos destinados a salvaguardar que a obra satisfaça as exigências pré requeridas, sejam satisfeitos. A preponderância das preocupações sobre custos e a pressão dos prazos tendem a ocupar a totalidade do tempo dos responsáveis das entidades construtoras e mesmo dos donos de obra, em detrimento da qualidade, estando esta relegada para um papel secundário.

O tempo disponível para a elaboração desta dissertação foi impeditivo de uma para a melhor exploração e aplicação das fichas, faltando minuciosidade, que seria obtido pelo maior número de operações verificadas, culminando com o aperfeiçoar de detalhes e pormenores em benefício da qualidade destes documentos e do próprio SCC. Fica portanto em aberto, podendo ser encarado como propósito para trabalhos futuros a confirmação da sua uniformidade e coerência, bem como a sua eventual correcção que resulte de uma aplicação mais exhaustiva e dedicada das FCC produzidas.

7.3. PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Por último, importa realçar a estratégia de desenvolvimentos futuros que permitam dar continuidade ao trabalho agora efectuado.

Como principal desenvolvimento futuro, propõe-se a aplicação exhaustiva de todas as FCC elaboradas de forma a testá-las convenientemente, procurando a sua complementação, optimização e eventual correcção. Neste sentido seria necessário um acompanhamento das operações com aplicação das FCC por um período consideravelmente alargado, incidindo em todas as frentes e não o cingindo apenas a verificações pontuais.

Uma forma interessante de reformulação das fichas resultava com certeza da análise da informação recolhida nas aplicações práticas, identificando-se as susceptíveis falhas mais frequentes e as que carecem de maior presença por parte do agente de controlo, o que permitiria a avaliação dos procedimentos e tarefas com base no risco de ocorrência, gravidade e frequência das necessidades de níveis de verificação de conformidade, quer em termos de tempo necessário a dedicar ao acompanhamento de cada operação, que com a precisão exigida ao acto de controlo. As fichas

passariam a ser representadas de acordo com o nível mais adequado de exigência de inspecção de cada operação.

Seria também interessante verificar a viabilidade de aplicação deste Plano de Controlo de Conformidade, de sistemas de pré-esforço de torres de aerogeradores, a outros tipos de estruturas, nomeadamente a sistemas horizontais como pontes ou vigas. A compatibilidade e abrangência das FCC e a sua compilação, permitiriam constituir um manual de regras de verificação de conformidade para este tipo de operações. Seria interessante a existência de uma literatura que incluísse as FCC e FCCNC como também fluxogramas de actividades com indicação e descrição dos pontos críticos, respectivos ensaios a realizar e compilação de regulamentos e normas vigentes aplicáveis.

Devido ao processo ser constituído por duas fases distintas, produção de componentes de PT e a respectiva instalação, e mesmo devido à similaridade da execução com os processos industriais tradicionais, tipo linha de montagem, seria muito interessante a adaptação do controlo de conformidade de todo o processo recorrendo ao auxílio de sistemas informáticos, como programas computadorizados baseados nos fluxogramas, utilizando a informação de *inputs* e *outputs* e apresentando as fichas como ponto de controlo.

A nível industrial, este tipo de tecnologia está perfeitamente difundido. A reunião da informação num monitor que descreve os passos a seguir, aprova e regista a introdução de dados e efectua questões de conformidade, facilita a verificação e permite a agilização da utilização e interpretação do processo, tornando-o auto-motivador e auto-controlador. Neste caso, o acto de produção de componentes de PT passaria a ser efectuado com o registo imediato da aceitação e verificação, quer da recepção de materiais, quer do processo de produção e produto final, com a vantagem da informação ser automaticamente registada e facilmente acedida em qualquer posto ligado em rede. A extensão deste sistema à instalação permitirá o fecho do circuito, iniciado na produção. A verificação da instalação recorrendo a um Assistente Pessoal Digital (usualmente conhecido como PDA) permite realizar as funções de um sistema de controlo informático, sendo assim possível aceder a partir deste instrumento à aplicação criada com base nos fluxogramas e FCC elaboradas no âmbito do PCC desta dissertação.

BIBLIOGRAFIA

- [1] http://www.governo.gov.pt/GC18/PrimeiroMinistro/Noticias/Pages/20100316_PM_Not_ENE, - Fevereiro 2010
- [2] António A., Pacheco P., Fonseca *Pré-esforço orgânico – estudos sobre a aplicação de uma nova tecnologia. V Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Betão*, 2003
- [3] Rodrigues, R. *Metodologia de Fiscalização de Obras*
- [4] Costa, J. *Apontamentos da disciplina de Qualidade na Construção*
- [5] Linda A. N., Christian J., A.M.ASCE, *Impact of Quality on Building Costs, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 12, No. 4, December, 2006*
- [6] Paiva, A., Pereira, S., *Métodos de avaliação da qualidade de edifícios de habitação. Observatório da Construção*, UTAD, Vila Real, Julho 2001.
- [7] Garvin, D. A. *What does product quality really mean? Sloan Manage. Rev.*, MIT, Cambridge, MA, 1984.
- [8] McGeorge, D., Palmer, A., *Construction management new directions*, Blackwell Science., Oxford, U.K. 1997
- [9] www.ipq.pt - Fevereiro, Março 2010
- [10] <http://www.ipac.pt/index.asp> - Maio de 2010
- [11] <http://www.certif.pt/certificacao2> - Fevereiro 2010
- [12] http://www.lnec.pt/qpe/marca/marca_qualidade_lnec - Março 2010
- [13] <http://www.certicon.pt/> - Março 2010
- [14] <http://www.apcer.pt/index.php> - Março 2010
- [15] Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 60 Anos de actividade, 1946-2006, p. 3, LNEC, Lisboa, 2006.
- [16] Rollo M., *Origem e criação do LNEC*, Ingenium 99, 12 de Junho de 2007
- [17] Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951
- [18] http://www.lnec.pt/qpe/da/Folheto_DA.pdf - Março 2010
- [19] http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/directiva_produtos_construcao - Maio 2010
- [20] <http://www.enterpriseeuropenetwork.pt/info/mercadounico/marcacao/Paginas/default.aspx> - Abril de 2010
- [21] www.iso.org/iso/iso_catalogue/.../the_iso_survey.htm - Março de 2010
- [22] <http://www.iso.org> – Abril de 2010
- [23] Norma NP EN ISO 9001:2000
- [24] Santos Gomes A., e Norinha V., *A construção não exporta, investe no exterior*, Jornal OJE 11 de Fevereiro de 2010

- [25] Associação Empresarial de Portugal / Gabinete de Estudos Sector da Construção, *relatório de conjuntura*, Abril de 2007
- [26] Santos Gomes A., *A procura de saídas para a crise*. Jornal OJE, 11 de Fevereiro de 2010
- [27] Garcia, A., Branco, F., *A relação entre o cliente e a indústria da construção civil*. Acta do Congresso Nacional da Construção – Construção 2001, 17-19 Dezembro 2001, IST, pág. 113-120, IST, Lisboa.
- [28] LOVE, P. et al., *Quantifying the cause and costs of rework in construction*. Construction Management and Economics. 2000
- [29] Mendonça, P., *Formação para uma cultura da qualidade na engenharia civil*. Acta do Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção – QIC 2006, 21-24 LNEC, pág. 169-179, Lisboa, Novembro 2006,
- [30] Relatório do Bureau Securitas de 1980
- [31] Journal of performance of constructed facilities ASCE, *Study of recent building failures in the United States* – August 2003
- [32] Pedro Couto J., *Estudo em curso sobre os factores de competitividade do sector da construção* Universidade do Minho, 2006
- [33] Allard C.R. van Riel HEC, GUEST EDITORIAL, *Introduction to the special issue on service innovation management* – University of Liege, Belgium (www.emeraldinsight.com/0960-4529.htm) Abril de 2010
- [34] Falcão e Cunha J., Patrício L., Camanho A., *A Master Program in Services Engineering and Management at the University of Porto Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, Raymond Fisk University of New Orleans
- [35] Mestrado em Engenharia de Serviços e Gestão http://www.fe.up.pt/si/cursos_geral.formview?p_cur_sigla=MESG - Maio de 2010
- [36] Lovelock, Wirtz, *Services Marketing: People, Technology, Strategy*, Upper Saddle River NJ, Prentice Hall, 2007
- [37] Fitzsimmons, *Service management*, New York, NY: McGraw-Hill, 2003.
- [38] Lusch, Vargo, *The Service-Dominant Logic of Marketing*, Armonk, NY: ME Sharpe, 2006
- [39] Spohrer J., *Services Sciences, Management, and Engineering (SSME), A Next Frontier in Education and Innovation*, IBM Research presentation, 2006.
- [40] Goran Svensson, *Interactive service quality in service encounters: Empirical illustration and models Managing Service Quality*, Halmstad University, Sweden 2004 (<http://www.emeraldinsight.com>) – Maio 2010
- [41] [U.S. Department of Education Institute of Education Sciences: Classification of Instructional Programs \(CIP\)](http://nces.ed.gov/pubs2002/cip2000/ciplist.asp?CIP2=15) - Retrieved on October 26, 2009 (<http://nces.ed.gov/pubs2002/cip2000/ciplist.asp?CIP2=15>) – Maio 2010
- [42] Claro, C. Metodologia de Fiscalização de Obras. Plano de Controlo de Conformidade de Estruturas Metálicas. Dissertação de Mestrado, FEUP, Junho de 2008
- [43] Agência Internacional da Energia <http://www.iea.org> – Maio 2010

- [44] Eurostat - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> – Maio 2010
- [45] Tomás N., *Energia - Dependência dita evolução económica do país*, Ingenium II série n.º 112, Ingenium edições, lda, Julho/Agosto 2009.
- [46] European Commission – Directorate general for energy and transport http://www.energy.eu/renewables/factsheets/2008_res_sheet_portugal_en.pdf - Maio 2010
- [47] Prado M., *Fontes de Energia subsidiadas já custaram dois mil milhões de euros* - Jornal de Negócios, quinta-feira 8 de Abril de 2010
- [48] INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial www.Inegi.up.pt – Maio 2010
- [49] <http://www.eneop.pt> – Maio 2010
- [50] [http://www.enercon.de/www/pt/broschuere/nstf/vwwebAnzeige/A3BF493A7C9E1107C12575E0004723B7/\\$FILE/ENE_Techno+Service_por_010409.pdf](http://www.enercon.de/www/pt/broschuere/nstf/vwwebAnzeige/A3BF493A7C9E1107C12575E0004723B7/$FILE/ENE_Techno+Service_por_010409.pdf) – Maio 2010
- [51] BVV, ETA-05/0202 Validity: 3 January 2011 http://www.gis-bilfinger.de/cms/upload/pdfs/BBV_EuroZulassung.pdf – Junho 2010
- [52] Sika, http://www.pes.eu.com/assets/articles/061_Talking%20Point%20-%20Sika1.pdf - Janeiro - 2010
- [53] NP ENV 1992:2002 - *Eurocodigo2 Projecto de estruturas de betão*.
- [54] ENV 13670-1 2007 – *Execução de Estruturas em betão regras gerais*
- [55] Federal Highway Administration, *Post-tensioning, Tendon installation and grouting manual* – 26 Maio 2004.
- [56] Post-Tensioning Institute (<http://www.post-tensioning.org/>) - Junho 2010
- [57] LNEC E 452-2004 - *Especificação Lnecc – Fios de Aço para pré-esforço – Características e ensaios*
- [58] Swami V., Ciggelakis W., *Structures 2009: Don't Mess with Structural Engineers* ASCE - Quality Control of Wire Strand used in Prestressed and Post Tensioned Structures Authors, 2009
- [59] The Vsl News Magazine, *Oil, air, grout, EIT...Piling up barriers against corrosion*, Issue Two, 2003
- [60] ETAG 013 *Guideline for European Technical approval of Post-Tensioning kits for Prestressing of Structures*. Edition June, 2002
- [61] NP EN 447, 2008 *Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço – Especificações para caldas correntes*
- [62] NP EN446: 2008 *Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço – Procedimentos para Injeção*.
- [63] NP EN445: 2008 *Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço – Métodos de ensaio*.

ANEXOS

**A1 - FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE
DE INSTALAÇÕES DE PRÉ-ESFORÇO EM TORRES DE
AEROGERADORES**

**A2 - FICHAS DE CONTROLO E CORRECÇÃO DE NÃO
CONFORMIDADES DE INSTALAÇÕES DE PRÉ-ESFORÇO EM
TORRES DE AEROGERADORES**

Estas Fichas encontram-se integralmente no CD anexo no final da Dissertação

Logótipo da empresa	Protocolo Recepção de Materiais		REF. REC_MAT DATA	REV PAG 1/3
1. Identificação				
Dono da Obra:		Supervisão/técnico responsável		
Parque eólico		Fiscalização:		
n.º de projecto		Data:		
2. Referência de projecto (*)				
Peça desenhada	Instrução de trabalho	Artº MQT	Referência Normativa	

3. Controlo													
I T E M	Pontos de Controlo	Data de entrega	Guia de remessa	Lote	Fornecedor	N.º SAP	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		
											Início	Fim	
1	Materiais												
	Bobine de Aço						Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA
	Tipo						Danos visíveis (por ex. oxidação)?	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
	Ref.						Comprovativo de conformidade?	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
							Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA
							Certificado de material existente?	Documental	Doc. Certific	C	NC	AC	NA
							Armazenamento:						
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não_Doc	C	NC	AC	NA
	Cabeças de Ancoragem						Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA
	Tipo						Danos visíveis (por ex. oxidação)?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA
	Ref.						Comprovativo de conformidade?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA
	Instalação <input type="checkbox"/>						Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA
	Produção <input type="checkbox"/>						Certificado de material existente?	Documental	Doc. Certific	C	NC	AC	NA
							Armazenamento:						
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não_Doc	C	NC	AC	NA

Logótipo da empresa	Protocolo Recepção de Materiais	REF.	REV.
		DATA	PAG 2/4

3. Controlo															
I T E M	Pontos de Controlo	Data de entrega	Guia de remessa	Lote	Fornecedor	N.º SAP	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data	
										C	NC	AC	NA	Início	Fim
	Cunhas						Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA		
	Tipo						Danos visíveis (por ex. oxidação)?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
	Ref.						Comprovativo de conformidade?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
	Instalação <input type="checkbox"/>						Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA		
	Produção <input type="checkbox"/>						Certificado de material existente?	Documental	Doc. Certific	C	NC	AC	NA		
							Armazenamento:								
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não Doc	C	NC	AC	NA		
	Pratos de Ancoragem						Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA		
	Tipo						Danos visíveis (por ex. oxidação)?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
	Ref.						Comprovativo de conformidade?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA		
							Certificado de material existente?	Documental	Doc. Certific	C	NC	AC	NA		
							Armazenamento:								
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não Doc	C	NC	AC	NA		

Logótipo da empresa	Protocolo Recepção de Materiais	REF.	REV
		DATA	PAG 3/4

3. Controlo															
ITEM	Pontos de Controlo	Data de entrega	Guia de remessa	Lote	Fornecedor	Nº. SAP	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data	
										C	NC	AC	NA	Início	Fim
Fita para a prod. de Bainhas							Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA		
	Tipo:						Danos visíveis (por ex. oxidação)?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
	Ref.						Comprovativo de conformidade?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA		
							Certificado de material existente?	Documental	Doc. Certific	C	NC	AC	NA		
							Armazenamento:								
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não Doc	C	NC	AC	NA		
Cimento e Adj.							Quantidade: _____	Visual	Contab.	C	NC	AC	NA		
	Tipo:						Conformidade de entrega	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Em conformidade com a guia de remessa?	Documental	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Certificado de material existente?	Documental	Cert. / Guia	C	NC	AC	NA		
							Armazenamento:								
							Acondicionamento em local seco e fechado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Material devidamente identificado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
							Ensaio externo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Doc. / Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA		
7. Autentificação															
<div> <div>Técnico</div> <div>Supervisão</div> <div>Fiscalização</div> </div>															

Elaborado por _____, __/__/__	Verificado por _____, __/__/__	Aprovado por _____, __/__/__
Legenda: C - Conforme; NC - Não Conforme (Identificar a FCCNC associada) ; AC - A Corrigir; NA - Não Aplicável		Com a identificação de uma NC, no campo "Registo e Observações" documenta-se o n.º da FCCNC correspondente.

Logótipo da empresa		Protocolo de Pré-esforço						Ref. Prt_PT01	Rev.			
								Data	pág			
1. Identificação												
Dono da Obra:								Supervisão/técnico responsável				
Parque eólico								Fiscalização:				
n.º de projecto								Data:				
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros												
Procedimento de acordo com o EC2 e o caderno de encargos, incluindo a medição da carga de tendão e alongamento para a verificação.												
Peça Desenhada:		Artº MQT						Ref. Normativa				
3. Protocolo de parâmetros												
Valores nominais								Leituras na escala da prensa / Macaco - Manómetro				
Nº do cabo e sequência	Folha de registos	Comprimento do cabo	Comprimento da tensão do alongamento do aço e retração do betão antes da reentrada das cunhas	Força de tensão necessária	Pressão de prensa (macaco - jack)	Reentrada das cunhas incluindo diminuição do alongamento necess.	Alongamento do aço 126 bar(240kN)	Comprimento da tensão antes de retirar a prensa (manualmente) (da base da prensa até à marcação) (Valor nominal)	Comprimento de tensão Tensa (computador)	Força final	Pressão final	Comprimento da tensão antes de retirar a prensa (manualmente) (Marcação 770mm/ 250mm da base da prensa) ALS
Nº	Nº	m	ΔLs em mm	kN	bar	mm	mm	mm	mm	kN	bar	mm
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14
6	I	58,95	394	1215	623	6	77	567				
26	I	58,95	394	1215	623	6	77	567				
16	I	58,95	394	1215	623	6	77	567				
36	I	58,95	394	1215	623	6	77	567				
2	II	58,95	392	1209	620	6	77	565				
22	II	58,95	392	1209	620	6	77	565				
12	II	58,95	392	1209	620	6	77	565				
32	II	58,95	392	1209	620	6	77	565				
7	III	58,95	390	1203	617	6	77	563				
27	III	58,95	390	1203	617	6	77	563				
17	III	58,95	390	1203	617	6	77	563				
37	III	58,95	390	1203	617	6	77	563				
9	IV	58,95	388	1197	614	6	77	561				
29	IV	58,95	388	1197	614	6	77	561				
19	IV	58,95	388	1197	614	6	77	561				
39	IV	58,95	388	1197	614	6	77	561				
4	V	58,95	386	1190	611	6	77	559				
24	V	58,95	386	1190	611	6	77	559				
14	V	58,95	386	1190	611	6	77	559				
34	V	58,95	386	1190	611	6	77	559				
10	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557				

Logótipo da empresa				Protocolo de Pré-esforço				Rev. ref.		Data		pág. 2/2	
Valores nominais								Leituras na escala da prensa/Macaco - Manómetro					
Nº do cabo e sequência	Folha de registos	Comprimento do cabo	Comprimento da tensão do aço e retração do betão antes da reentrada das cunhas	Força de tensão necessária	Pressão de prensa (macaco - jack)	Reentrada das cunhas incluindo diminuição do alongamento necess.	Alongamento do aço 126 bar(240kN)	Comprimento da tensão antes de retirar a prensa (manualmente) (da base da prensa até à marcação) (Valor nominal)	Comprimento de tensão Tensa (computador)	Força final	Pressão final	Comprimento da tensão antes de retirar a prensa (manualmente) (Marcação 770mm/ 250mm da base da prensa)	ALS
Nº	Nº	m	ΔLs em mm	kN	bar	mm	mm	mm	mm	kN	bar	mm	
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	
30	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557					
20	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557					
40	VI	58,95	384	1184	607	6	77	557					
1	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555					
21	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555					
11	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555					
31	VII	58,95	382	1178	604	6	77	555					
3	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438					
23	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438					
13	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438					
33	VIII	35,82	235	1174	602	6	47	438					
4. Observações													
5. Autenticação													
Técnico				Supervisão				Fiscalização					
Elaborado por _____, ____/____/____ Verificado por _____, ____/____/____ Aprovado por _____, ____/____/____													

Logótipo da empresa		Protocolo de Injecção				Rev. data		ref. pág 1/2		
1. Identificação										
Dono da Obra:					Supervisão/responsável pela Injecção					
Parque eólico					Encarregado/chefe de equipa:					
n.º de projecto					Fiscalização:					
2. Dados gerais										
Local de construção:					Componente :					
Injectado em :										
Instruções de trabalho especiais: não ¹⁾ / sim ¹⁾ de										
Processo de pré-esforço Processo de pré-esforço de cordões BBV L 6			Tipo de cabo de pré-esforço		BBV L 6		Plano de colocação Folha n.º		Certificação:	
			Dimensão nominal dos tubos [mm]		60 / 67		Ensaio de conformidade Doc. nº			
			Calda necess. [l/m]		Apróx 2,43		Monitorização (Monitoriz. qualid.) Doc. nº			
Nº Cabo	Cabo de pré-esforço		Ponto de injeção na torre	Cobertura de calda das ancoragens fixas após inj. (cm)	Altura de água nas ancoragens fixas após inj. (cm)	Injectado até ao ponto máx. sim/não		Observações por.ex. recolha de amostra e nº da amostra, interrupções, irregularidades, medidas especiais		
	Tipo	Comprimento [m]				PM1	PM2			
33		35,82	Cave						Amostragem nº1	
23		35,82	Cave						(cubo + cilindro)	
13		35,82	Cave							
3		35,82	Cave						Ensaio viscosidade n.º 1	
40		58,95	Cave							
39		58,95	Cave							
37		58,95	Cave							
36		58,95	Cave							
34		58,95	Cave							
32		58,95	Cave							
31		58,95	Cave							
30		58,95	Cave							
29		58,95	Cave						Amostragem nº2	
27		58,95	Cave						(cubo + cilindro)	
26		58,95	Cave							
24		58,95	Cave						Ensaio viscosidade n.º 2	
22		58,95	Cave							
21		58,95	Cave							
20		58,95	Cave							
19		58,95	Cave							
17		58,95	Cave							
16		58,95	Cave							
14		58,95	Cave							
12		58,95	Cave							
11		58,95	Cave							

Logótipo da empresa			Protocolo de Injecção					Rev. ref.
								data pág. 2/2
Nº Cabo	Cabo de pré-esforço		Ponto de injecção na torre	Cobertura de calda das ancoragens fixas após inj. (cm)	Altura de água nas ancoragens fixas após inj. (cm)	Injectado até ao ponto máx. sim/não		Observações por.ex. <u>recolha de amostra e nº da amostra</u> , interrupções, irregularidades, medicadas especiais
	Tipo	Comprimento [m]				PM1	PM2	
10		58,95	Cave					Amostragem nº3
9		58,95	Cave					(cubo + cilindro)
7		58,95	Cave					
6		58,95	Cave					Ensaio viscosidade n.º 3
4		58,95	Cave					
2		58,95	Cave					
1		58,95	Cave					

6. Observações:

7. Autenticação

Elaborado por _____, __/__/__ Verificado por _____, __/__/__ Aprobado por _____, __/__/__

Logótipo da empresa	Processo de Injecção: Protocolo de ensaio de conformidade / Monitorização: Calda de Injecção				Ref. Data	Rev. pág. 1/2	
1. Identificação							
Dono da Obra:				Supervisão/responsável pelo ensaio:			
Parque eólico				Fiscalização:			
n.º de projecto				Data:			
2. Dados gerais							
2.1 Temperatura:		Ambiente: min. a máx. °C		Estrutura anexa: min. a máx. °C			
2.2 Condições atmosféricas:							
3. Requisitos da calda de Injecção (Valores em conformidade com a norma NP EN 477)							
3.1 Razão água cimento [≤0,44]		3.3 Exsudação da água	 [≤2%]		
3.2 Ensaio de Imersão			3.4 Alteração de volume (após 24 h)		[1%≤].....[≤5%]		
Tempo de imersão (depois de mexer) [>30s]		3.5 Resistência à compressão passados 7/ 28 dias		Para cada provete N/mm2 Cada série de ensaios N/mm2		
4. Matérias e composição da calda de Injecção (Conformidade com a NP EN 197 e NP EN 934)							
4.1 Cimento CEM I	Fabricante:		Categoria de resistência:		Temperatura: °C		
	Entregue em:		Reserva de amostra n.º				
4.2 Adjuvante	Fabricante:		Observações:		Quantidade Kg		
	Entregue em:						
4.3 Água	Origem:		Comprovativo: sim/não		Temperatura: °C		
4.4 Composição da mistura	Cimento Kg	Água L	Adjuvante kg	Razão água cimento:			
4.5 Tipo de Misturadora:	4.6 Duração do processo de mistura antes de adicionar o adjuvante:				4.7 Tempo de mistura: [≤240s]		
5. Ensaio (Conformidade com a NP EN 445 e ETAG13)							
5.1 Temp. calda fresca		1º Ensaio: °C		2º Ensaio: °C		3º Ensaio: °C	
5.2 Fluidez	Tempo de Imersão	Hora:		Média	Hora:		Média
		1	2	3	1	2	3
	Após mistura						
Equipamento de ensaio de imersão n.º							
5.3 Alteração do volume		Ø Cilindro I 50mm		Ø Cilindro II 50mm		Ø Cilindro III 50mm	
$\frac{h - h_2}{h} \cdot 100\%$		Medição base (inicial) h	Após 24 horas (h2)	Medição base (inicial) h	Após 24 horas (h2)	Medição base (inicial) h	Após 24 horas (h2)
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
		-1% até 5%	%	%	%	%	%
5.4 Exsudação da água		Ø Cilindro I 50mm		Ø Cilindro II 0mm		Ø Cilindro III 50mm	
$\frac{h_1}{h} \cdot 100\%$		Medição base (inicial) h	Após 3 horas (h1)	Medição base (inicial) h	Após 3 horas (h1)	Medição base (inicial) h	Após 3 horas (h1)
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
		<2 Vol. %	%	%	%	%	%
Local de armazenamento dos ensaios:				à temperatura: °C			
Resistência à compressão ver documento refª							

Logótipo da empresa	Processo de Injecção: Protocolo de ensaio de conformidade / Monitorização: Calda de Injecção	Rev. data	ref. pág. 2/2
---------------------	---	-----------	---------------

6. Observações:

7. Autenticação

Pessoa que realiza o ensaio

Supervisão

Fiscalização

Elaborado por _____, __/__/__ Verificado por _____, __/__/__ Aprovado por _____, __/__/__

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Reenchimento				REF. INST_ Reen	REV
					DATA	PAG 1/3
1. Identificação						
Dono da Obra:		Supervisão/técnico responsável:				
Parque eólico:		Fiscalização:				
n.º de projecto/AEG:		Data:				
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros						
Peça desenhada:	Instrução de trabalho:	Artº MQT:	Referência Normativa:	Protocolo de Conclusão n.º		

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data		Registos e Resultados
									Inicio	Fim	
3.1	Mão-de-obra										
		Encarregado	Documental	Certificação de Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Técnicos	Documental	Certificação de Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Quantidade Necessária Enc.____Téc____	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Instruções de trabalho devidamente divulgada a todos intervenientes	Visual	Sim/Não							
3.2	Equipamento										
		Equipamento de mistura manual	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Gerador	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Certificado de Inspeção	C	NC	AC	NA			
		Elevadores e Bailéus	Documental	Certificado de Inspeção	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Iluminação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Ferramentas (escadas, etc..)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Depósitos de água	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Reenchimento	REF. INST_ Reen	REV
		DATA	PAG 2/3

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data		Registos e Resultados
									Início	Fim	
3.3 Materiais Incorporados											
		Cimento	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Documentos de referência que define a composição e variação aceitável									
		Adjuvante	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		EPIS	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Água	Documental	Rastreabilidade (potável)	C	NC	AC	NA			
3.4 Armazenamento provisório											
		Protecção temporária do material durante a instalação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.5 Condições do Local de Trabalho											
	Exteriores	Plataforma liberta com espaço adequado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
	Interior ponto de injeção	Cabos do bailéu devidamente instalados	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.6 Tecnologia											
		Procedimento para a operação em clima frio ou quente	Documental	Instrução de trabalho / Normas	C	NC	AC	NA			
		Preparação e inspecção do bailéu	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Mistura da calda na quanti. necessária ao reenchimento	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Selagem dos pontos de ancoragem fixos	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Limpeza de todo equipamento	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Acondicionamento adequado do equipamento de injeção para mobilização	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Limpeza da zona de trabalho	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Reenchimento	REF. INST_ Reen	REV
		DATA	PAG 3/3

4. Autentificação

_____	_____	_____
Técnico	Supervisão	Fiscalização

Elaborado por _____, __/__/__			Verificado por _____, __/__/__			Aprovado por _____, __/__/__			
Legenda: C - Conforme; NC - Não Conforme (Identificar a FCCNC associada) ; AC - A Corrigir; NA - Não Aplicável					Com a identificação de uma NC, no campo “Registo e Observações” documenta-se o n.º da FCCNC correspondente.				

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo de Conformidade de Produção de Armaduras de Pré-esforço				REF. Prod_PRSRTS		REV	
						DATA		PAG 1/3	
1. Identificação									
Dono da Obra:						Supervisão/técnico responsável:			
Parque eólico:						Fiscalização:			
n.º de projecto/AEG:						Data:			
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros									
Peça desenhada:		Instrução de trabalho:		Artº MQT:		Referência Normativa:		Tipo de torre: Classe de Aço: Ancor.: Cunhas:	
3. Controlo									
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Resultados	
						Início	Fim		
3.1 Mão-de-obra									
		Encarregado	Documental	Doc. Aptidão	C	NC	AC	NA	
		Operários	Documental	Doc. Aptidão	C	NC	AC	NA	
		Quantidade Necessária Enc.____Téc.____	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
		Instruções de trabalho devidamente divulgada	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
3.2 Equipamento									
	Principal:								
		Linha de montagem com Unidade hidráulica de pré- esforço.	Documental	Certificado de Calibração	C	NC	AC	NA	
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
		Bobinador	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA	
		Equipamento de prensagem e de pontas guia	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA	
		Rebarbadoras, perfuradoras	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA	
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA	

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço / Injecção	REF. Prod_PRSRTS	REV
		DATA	PAG 2/3

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspecção				Data		Registos e Resultados
									Início	Fim	
3.2	Equipamento										
		Ponte elevatória	Documental	Certificado de inspecção	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			
		Posicionamento dos Sensores de paragem	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Marcadores	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Consumíveis (discos de corte, fitas de serrilha)	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		EPIS	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.3	Materiais Incorporados										
		Cabos de Aço	Doc. Rastreabilidade/Aceitação	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Cabeças de Ancoras fixas	Doc. Rastreabilidade/Aceitação	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Cunhas	Doc. Rastreabilidade/Aceitação	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
3.4	Armazenamento provisório										
		Armazenamento provisório de aço	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Armazenamento de componentes (cunhas ancoras e pratos de ancoragem)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Armazenamento de tambores de armaduras	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Manutenção dos rótulos dos materiais legíveis	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Local de trabalho distinto de zonas de pintura/soldaduras/humidades	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.5	Condições do Local de Trabalho										
		O turno inicia com a zona de trabalho limpa	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		O turno conclui com a zona de trabalho limpa	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Iluminação correcta	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Sistemas de protecção dos cabos na pista	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço / Injecção	REF.Prod_PRSRTS	REV
		DATA	PAG 3/3

4. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspecção				Data		Registos e Resultados
									Início	Fim	
Tecnologia											
	Produção de Armaduras de PT										
		Corte das amarras das bobines	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Introdução das bobines nos armações de desbobinação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Disposição dos cordões na pista com os comprimentos estipulados	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Corte dos cordões nos comprimentos estipulados	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Instalação de âncoras e cunhas passivas	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Aplicação da pressão estipulada para o tipo de cordão	Documental	Instrução de trabalho	C	NC	AC	NA			
		Instalação de protecções de ancoragens olhais e esticador para bobinagem em tambor	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Bobinagem das armaduras em tambor de acordo com guia e instrução de trabalho	Documental	Instrução de trabalho	C	NC	AC	NA			
		Acondicionamento dos tambores	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			

5. Autentificação										
Responsável de turno			Encarregado				Supervisão			

Elaborado por _____, __/__/__	Verificado por _____, __/__/__	Aprovado por _____, __/__/__
Legenda: C - Conforme ; NC - Não Conforme (Identificar a FCCNC associada) ; AC - A Corrigir ; NA - Não Aplicável		

Logótipo da empresa		Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço						REF. INST_PRSRTS DATA		REV PAG 1/3	
1. Identificação											
Dono da Obra:						Supervisão/técnico responsável:					
Parque eólico:						Fiscalização:					
N.º de projecto/AEG:						Data:					
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros											
Peça desenhada:		Instrução de trabalho:		Artº MQT:		Referência Normativa:		PROTOCOLO DE PT N.º		Anexo n.º de flhs	
3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data		Registos e Observações
									Início	Fim	
3.1 Mão-de-obra											
		Encarregado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Técnicos	Documental	Doc. Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Quantidade Necessária Enc. ____ Téc ____	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Instruções de trabalho devidamente divulgada	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.2 Equipamento											
Principal:											
		Unidade hidráulica de pré-esforço (bomba, macaco, manómetro e mangueiras)	Doc.	Certificado de Calibração	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Gerador	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			
Equipamento acessório:											
		Guinchos eléctricos	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			
		Rebarbadoras e aprafusadoras	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço	REF. INST_PRSRTS	REV
		DATA	PAG 2/3

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações			
						Início	Fim				
3.2 Equipamento											
	Equipamento acessório:										
	Iluminação	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Insp. periódica de conform	Emissão de selo	C	NC	AC	NA				
	Medidores - . Métricos Marcadores Consumíveis (discos de corte, fitas de serrilha) EPIS										
		Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
3.3 Materiais Incorporados											
	Cabos de Aço	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA				
	Cabeças de Ancoras	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA				
	Cunhas	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA				
3.4 Armazenamento provisório											
	Protecção temporária durante a instalação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Local de armazenamento provisório adequado (dentro da torre)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
3.5 Condições do Local de Trabalho											
	Exteriores										
	Plataforma adequada	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Limpo e em condições de se proceder ao PT	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Interiores (zona da fundação – Espaço de trabalho de PT)										
	Cave com espaço adequado e desobstruído	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Cave limpa	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Instalação de Pré-esforço	REF. INST_PRSRTS	REV
		DATA	PAG 3/3

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data		Registos e Observações
									Início	Fim	
Tecnologia											
	Instalação de pós tensionamento										
		Verificação da dimensão dos cabos	Visual fita métrica	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Marcação e identificação na cave do número dos cabos com marcador e spray tendo em conta a porta de saída da torre – ponto A	Documental	Proj./ Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	C	NC	AC	NA			
		Colocação de ancoras e cunhas na sequência correcta	Visual Doc.	Sim/Não PRT_PT	C	NC	AC	NA			
		Corte das pontas guia dos cabos	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Preparação e ligações adequadas do equipamento de pré-esforço	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Cumprimento do procedimentos do protocolo de pré-esforço no que diz respeito à instalação de tensões, forças e alongamentos.	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Corte dos alongamentos excedentes dos cabos de aço e remoção para envio para reciclagem	Documental	Protocolo de pré-esforço: PRT_PT	C	NC	AC	NA			
		Acondicionamento adequado do equipamento de pré-esforço para mobilização	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Condições finais - Limpeza da zona de trabalho	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Procedimento para lidar com não-conformidades ou incidentes (lista de falhas frequentes)	Documental	Instrução de trabalho especial	C	NC	AC	NA			
4. Autenticação											
<div> <div>Técnico</div> <div>Supervisão</div> <div>Fiscalização</div> </div>											
<div> <div>Elaborado por _____, __/__/__</div> <div>Verificado por _____, __/__/__</div> <div>Aprovado por _____, __/__/__</div> </div>											
Legenda: C - Conforme; NC - Não Conforme (Identificar a FCCNC associada) ; AC - A Corrigir; NA - Não Aplicável						Com a identificação de uma NC, no campo "Registo e Observações" documenta-se o n.º da FCCNC correspondente.					

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Injecção				REF.INST_ INJ	REV
					DATA	PAG 1/4
1. Identificação						
Dono da Obra:				Supervisão/técnico responsável:		
Parque eólico:				Fiscalização:		
n.º de projecto/AEG:				Data:		
2. Documento de referência em matéria de concepção de parâmetros						
Peça desenhada:	Instrução de trabalho:	Artº MQT:	Referência Normativa:	Protocolo de ensaio de Conformidade, n.º: / Anexo n.º de filhs :	Protocolo de Injecção n.º: Anexo n.º de filhs:	

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspecção				Data		Registos e Observações
									Início	Fim	
3.1	Mão-de-obra										
		Encarregado	Documental	Certificação de Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Técnicos	Documental	Certificação de Aptidão	C	NC	AC	NA			
		Quantidade Necessária Enc.____Téc_____	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Instruções de trabalho devidamente divulgada a todos intervenientes	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.2	Equipamento										
	Principal:										
		Unidade de mistura e bombagem	Documental	Certificado de Inspecção	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção e limpeza	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Gerador	Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Certificado de Inspecção	C	NC	AC	NA			
	Equipamento acessório :										
		Elevadores e Bailéus	Documental	Certificado de Inspecção	C	NC	AC	NA			
			Insp Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Manutenção	Sim/Não	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Injecção	REF. INJ	REV
		DATA	PAG 2/4

3. Controlo

I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção	Data		Registos e Observações			
						Início	Fim				
3.2	Equipamento										
	Equipamento acessório:										
		Bomba de água	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de certificado	C	NC	AC	NA			
		Lavadora de pressão	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
			Insp. periódica de conform	Emissão de certificado	C	NC	AC	NA			
		Iluminação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Ferramentas (escadas, etc..)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Depósitos de água	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Equipamento Suplente (bomba água, lavadora)	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
	Equipamento para a realização de ensaios:										
		Viscosidade	Documental	Certificado de calibração	C	NC	AC	NA			
		Exsudação e volume	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
3.3	Materiais Incorporados										
		Cimento	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Documentos de referência que define a composição e variação aceitável	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Adjuvante	Doc. Rastreabilidade	Rastreabilidade da Aceitação	C	NC	AC	NA			
		Capacetes de protecção anticorrosiva	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Mangueiras	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Válvulas	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Tubos de selagem	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Consumíveis	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		EPIS	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Água	Documental	Rastreabilidade (potável)	C	NC	AC	NA			

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Injecção	REF. INJ	REV
		DATA	PAG 3/4

3. Controlo												
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspecção				Data		Registos e Observações	
									Início	Fim		
3.4 Armazenamento provisório												
		Protecção temporária durante a instalação	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Manutenção dos rótulos dos materiais legíveis	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
3.5 Condições do Local de Trabalho												
	Exteriores											
		Plataforma liberta com espaço adequado	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Interior ponto de injeccção											
		Cave com espaço adequado e desobstruído	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Cave limpa	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
3.6 Tecnologia - Injecção das bainhas com caldas de cimento												
	Preparação											
		Procedimento para a operação em clima frio ou quente	Documental	Instrução de trabalho / Normas	C	NC	AC	NA				
		Procedimento para testes antes e durante a operação de injeccção	Documental	Instrução de trabalho/ Normas / Protocolo de conformidade de ensaios	C	NC	AC	NA				
		Descarregamento e disposição correcta do equipamento de injeccção e cimento na plataforma	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Preparação e inspecção do bailéu	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Preparação dos depósitos de água e respectivas bombas.	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Instalação de acessórios – capacetes de protecção anticorrosiva, válvulas, mangueira e tubos de selagem	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
		Preparação do equipamento de injeccção	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
	Execução											
		Processo de mistura e injeccção de ductos, incluindo taxas máximas de enchimento e um volume mínimo de material de enchimento na saída.	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA				
			Documental	Instrução de trabalho, Protocolo de Injecção	C	NC	AC	NA				
		Realização de todos os ensaios de conformidade	Documental	Protocolo de conformidade de ensaios	C	NC	AC	NA				

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo de Conformidade de Injecção	REF. INJ	REV
		DATA	PAG 4/4

3. Controlo											
I T E M	Pontos de Controlo	Verificações	Meios de Controlo	Parâmetros de Controlo	Decisão de Inspeção				Data		Registos e Observações
									Início	Fim	
Acções Posteriores											
		Limpeza de todo equipamento	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Acondicionamento adequado do equipamento de injecção para mobilização	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
		Limpeza da zona de trabalho	Visual	Sim/Não	C	NC	AC	NA			
Medidas especiais											
		Procedimento em caso de avaria do equipamento de injecção	Documental	Instrução de trabalho especial	C	NC	AC	NA			
		Procedimento para lidar com não-conformidades ou incidentes	Documental	Instrução de trabalho especial	C	NC	AC	NA			
4. Autenticação											
<div> <div>Técnico</div> <div>Supervisão</div> <div>Fiscalização</div> </div>											

Elaborado por _____, __/__/__		Verificado por _____, __/__/__		Aprovado por _____, __/__/__	
Legenda: C - Conforme; NC - Não Conforme (Identificar a FCCNC associada) ; AC - A Corrigir; NA - Não Aplicável			Com a identificação de uma NC, no campo "Registo e Observações" documenta-se o n.º da FCCNC correspondente.		

Logótipo da empresa	Ficha de Controlo e de Correção de Não Conformidades		REV. Data	REF. Pág.
1. Identificação				
Dono de Obra/Cliente:		Data:	Rev da NC:	
Entidade executante:		Distribuição:		
Projecto n.º:				
2. Relatório de Não Conformidade				
Local de produção/ Instalação:				
<input type="checkbox"/> Produção de Armaduras <input type="checkbox"/> Armazenamento <input type="checkbox"/> Instalação de PT <input type="checkbox"/> Injecção <input type="checkbox"/> Reenchimentos				
Componente:		Fornecedor:		
Fase do processo:				
Equipa responsável pela execução:				
Descrição da Não Conformidade:				
Especificações Aplicáveis:				
Anexos:				
Causa/Origem: humana <input type="checkbox"/> equipamento <input type="checkbox"/> material <input type="checkbox"/> método <input type="checkbox"/> ambiental <input type="checkbox"/> outra <input type="checkbox"/> , especificar:				
3. Procedimento de conformidade				
Acções correctivas	Data	Resp.	Prazo de Implementação	Data de Implementação
Rever a eficácia das acções correctivas				Data
Acções preventivas contra a recorrência da não conformidade				Data
4. Conclusão/discussão e avaliação da eficácia do tratamento da Não conformidade				
Observações:				
Verificado por: _____		Data: ____/____/____ h ____		

Elaborado por _____, ____/____/____	Verificado por _____, ____/____/____	Aprovado por _____, ____/____/____
-------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------